



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия



Научный журнал
2020 Том 20

ISSN 1819-7663 (Print)
ISSN 2542-1921 (Online)

Издается с 2006 года

Серия Науки о Земле, выпуск 1

Продолжение «Известий Императорского Николаевского Университета» 1910–1918, «Ученых записок СГУ» 1923–1962,
«Известий Саратовского университета. Новая серия» 2001–2004

СОДЕРЖАНИЕ

Научный отдел

География

Барышникова О. Н., Ольферт А. П., Кулагина В. В.

Природные предпосылки изменения растительного покрова ленточных боров на территории Алтайского края 4

Мележ Т. А. Типологическое районирование трасс магистральных трубопроводов по возможности проявления инженерно-геологических процессов (на примере трассы магистрального трубопровода «Дружба 2» в пределах Республики Беларусь) 10

Преображенский Ю. В. Макрорегионы как надрегиональные инновационные системы: проблема перетока знания 17

Пряхина С. И., Ормели Е. И. Корреляционная связь белковости яровой пшеницы со средней месячной температурой воздуха июня по станции «Саратов Юго-Восток» 23

Романова А. Ю., Цоберг О. А. К вопросу оценки качества зеленых насаждений для комфортной городской среды (на примере пешеходной зоны «улица Рахова» г. Саратова) 27

Федоров А. В., Шлапак П. А., Муженский Д. А. Исследование линейной эрозии путем создания уточненной цифровой модели рельефа на основе SRTM (на примере территории Хвалынского района Саратовской области) 36

Геология

Ерёмин В. Н., Шешнёв А. С., Решетников М. В., Теслинова О. В. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах Ботанического сада Саратовского университета 41

Руднев С. А. Литолого-петрофизическое моделирование нефтегазоносных резервуаров терригенных отложений (на примере Северо-Лиманского месторождения) 46

Шешнёв А. С. Качество поверхностного стока с территории города Вольска 51

Миних А. В., Миних М. Г., Андрушкевич С. О. Ихтиофауна в опорных разрезах средней и верхней перми Восточной Европы. Комплексы и зональная шкала. Статья 2. Бассейн Волги и Урала 56

Михеев С. И., Зуб Е. А. Повышение надежности прогнозирования нефтегазоперспективных объектов на базе технологии адаптивной поляризационной фильтрации 64

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия «Науки о Земле» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Запись о регистрации СМИ ПИ № ФС77-76643 от 26 августа 2019 года

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (специальности: 25.00.01; 25.00.02; 25.00.10; 25.00.23; 25.00.24; 25.00.30; 25.00.35; 25.00.36)

Индекс издания в объединенном каталоге «Пресса России» 36010, раздел 30 «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов». Журнал выходит 4 раза в год

Директор издательства

Бучко Ирина Юрьевна

Редактор

Малютина Елена Анатольевна

Художник

Соколов Дмитрий Валерьевич

Редактор-стилист

Кочкаева Инна Анатольевна

Верстка

Степанова Наталия Ивановна

Технический редактор

Каргин Игорь Анатольевич

Корректор

Певная Татьяна Константиновна

Адрес учредителя, издателя и издательства (редакции):

410012, Саратов, ул. Астраханская, 83
Тел.: (845-2) 51-45-49, 52-26-89
E-mail: izvestiya@info.sgu.ru

Подписано в печать 25.03.20.

Подписано в свет 31.03.20.

Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 8,37 (9,0).

Тираж 500 экз. Заказ 10-Т.

Цена свободная

Отпечатано в типографии
Саратовского университета.

Адрес типографии:
410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2020



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле» принимает к публикации на русском языке общетеоретические, методические, дискуссионные, критические статьи, результаты исследований в области наук о Земле, краткие сообщения и рецензии, а также хронику и информацию.

Объем публикуемой статьи не должен превышать 16 страниц, 5 рисунков и 4 таблиц.

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

– на русском языке: индекс УДК, название статьи, инициалы и фамилии авторов, сведения об авторах (ученая степень, должность и место работы, e-mail), аннотация, ключевые слова, текст статьи, благодарности, ссылки на гранты, библиографический список;

– на английском языке: название статьи, инициалы и фамилии авторов, ORCID, место работы (вуз, почтовый адрес), e-mail, аннотация, ключевые слова.

Отдельным файлом приводятся сведения о статье: раздел журнала, УДК, авторы и название статьи (на русском и английском языках); сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), e-mail, телефон (для ответственного за переписку обязательно указать сотовый или домашний). Если название статьи слишком длинное, то для колонтитула следует привести его краткий вариант.

Иллюстрации и таблицы должны быть представлены отдельным файлом в формате jpg, tiff, cdr, bmp, разрешением не меньше 300 dpi. Рисунки должны быть представлены в черно-белом виде.

Все материалы предоставляются как в бумажном, так и электронном виде.

Требования к аннотации и библиографическому списку:

– аннотация должна отражать основную суть публикации; оптимальный объем 500–600 знаков;

– в библиографическом списке должны быть указаны только процитированные в статье работы; ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Более подробная информация о правилах оформления статей, образцы оформления различных источников приведены вместе со стилевым файлом по адресу: www.geo.sgu.ru.

Датой поступления статьи считается дата поступления ее окончательного варианта. Возвращенная на доработку статья должна быть прислана в редакцию не позднее чем через три месяца. Возвращение статьи на доработку не означает, что статья будет опубликована, после переработки она вновь будет рецензироваться.

Материалы, отклоненные редколлегией, не возвращаются.

Адреса для переписки с редколлегией серии: farik26@yandex.ru; 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, географический факультет, ответственному секретарю журнала «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле».

CONTENTS

Scientific Part

Geography

- Baryshnikova O. N., Olfert A. P., Kulagina V. V.** Natural Prerequisites of Changing the Vegetation Cover of Ribbon Forests on the Territory of Altai Krai 4
- Melezh T. A.** Typological Zoning of Trunk Pipeline Routes According to the Possibilities of Engineering-Geological Processes (on the Example of the Trunk Pipeline «Druzhba 2» within the Limits of the Republic of Belarus) 10
- Preobrazhenskiy Yu. V.** Macroregions as Supra-Regional Innovation Systems: The Problem of Knowledge Spillover 17
- Pryakhina S. I., Ormeli E. I.** Correlation Relationship between the Protein Content of Spring Wheat and the Average Monthly Air Temperature in June at the Station Saratov South-East 23
- Romanova A. Yu., Tsoberg O. A.** On the Question of Assessing the Quality of Green Plants for a Comfortable City Environment (on the Example of the Pedestrian Zone «Rakhov Street», Saratov) 27
- Fedorov A. V., Shlapak P. A., Muzhenskiy D. A.** Studying Linear Erosion by Means of Creating a Refined Digital Elevation Model Based on SRTM (The Khvalynsk District of the Saratov Region as an Example) 36

Geology

- Eremin V. N., Sheshnev A. S., Reshetnikov M. V., Teslinova O. V.** The Content of Mobile Forms of Heavy Metals in the Soils of the Botanical Garden of Saratov State University 41
- Rudnev S. A.** Lithological and Petrophysical Modeling of Oil and Gas Reservoirs of Terigenous Deposits (on the Example of the Severo-Limanskoye oil Field) 46
- Sheshnev A. S.** The Quality of Surface Flow from the Territory of the Town of Volsk 51
- Minikh A. V., Minikh M. G., Andrushkevich S. O.** Ichthyofauna from the Key Sections of the Middle and Upper Permian of Eastern Europe. Complexes and Zonal Scale. Paper 2: Basin of the Volga and the Ural Rivers 56
- Mikheev S. I., Zub E. A.** Reliability Increase in Oil and Gas Perspective Objects Forecast on the Basis of Polarizing Filtration 64



**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА
«ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. НОВАЯ СЕРИЯ.
СЕРИЯ: НАУКИ О ЗЕМЛЕ»**

Главный редактор

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Заместитель главного редактора

Первушов Евгений Михайлович, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Ответственный секретарь

Молочко Анна Вячеславовна, кандидат геогр. наук (Саратов, Россия)

Члены редакционной коллегии:

Валашик Иренеуш, действительный член Польской академии наук, профессор (Варшава, Польша)

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Диденко Алексей Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, член-корреспондент РАН (Хабаровск, Россия)

Калинин Николай Александрович, доктор геогр. наук, профессор (Пермь, Россия)

Коробов Александр Дмитриевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Переведенцев Юрий Петрович, доктор геогр. наук, профессор (Казань, Россия)

Рыхлов Александр Богданович, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Семенов Юрий Михайлович, доктор геогр. наук, профессор (Иркутск, Россия)

Файбусович Эрнест Львович, доктор геогр. наук, доцент, профессор (Санкт-Петербург, Россия)

Хоецян Ашот Владимирович, доктор геогр. наук, профессор (Ереван, Армения)

Чумаченко Алексей Николаевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Шурыгин Борис Николаевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор, член-корреспондент РАН (Новосибирск, Россия)

Яковенко Наталия Владимировна, доктор геогр. наук, доцент (Воронеж, Россия)

**EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL
«IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY. NEW SERIES.
SERIES: EARTH SCIENCES»**

Editor-in-Chief – Vladimir Z. Makarov (Saratov, Russia)

Deputy Editor-in-Chief – Evgeniy M. Pervushov (Saratov, Russia)

Executive Secretary – Anna V. Molochko (Saratov, Russia)

Members of the Editorial Board:

Ireneusz P. Walaszczyk (Warsaw, Poland)

Andrey Yu. Guzhikov (Saratov, Russia)

Aleksey N. Didenko (Khabarovsk, Russia)

Nikolay A. Kalinin (Perm, Russia)

Aleksandr D. Korobov (Saratov, Russia)

Yurij P. Perevedentsev (Kazan, Russia)

Aleksandr B. Rikhlov (Saratov, Russia)

Yuriy M. Semenov (Irkutsk, Russia)

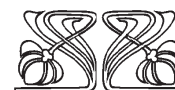
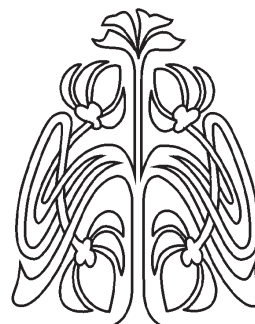
Ernest L. Faibusovich (St. Petersburg, Russia)

Ashot V. Khoetsyan (Erevan, Armenia)

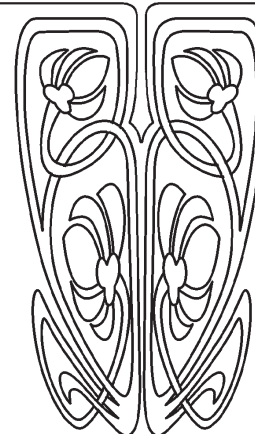
Aleksey N. Chumachenko (Saratov, Russia)

Boris N. Shurygin (Novosibirsk, Russia)

Nataliya V. Yakovenko (Voronezh, Russia)



**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**





ГЕОГРАФИЯ

УДК 91:528.9(571.150)+630(571.150)

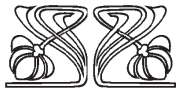
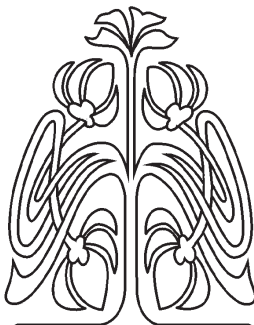
Природные предпосылки изменения растительного покрова ленточных боров на территории Алтайского края

О. Н. Барышникова, А. П. Ольферт, В. В. Кулагина

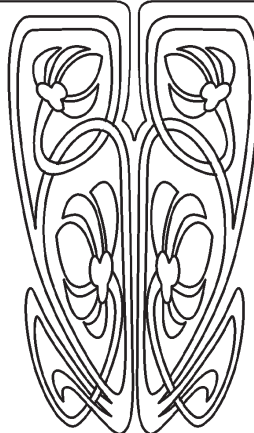
Барышникова Ольга Николаевна, кандидат географических наук, доцент, Алтайский государственный университет, г. Барнаул, onb-olga@yandex.ru

Ольферт Алексей Павлович, аспирант, Алтайский государственный университет, г. Барнаул, olfert_a@mail.ru

Кулагина Виктория Вячеславовна, магистрант, Алтайский государственный университет, г. Барнаул, vika-kulagina22@mail.ru



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



В статье представлены результаты исследования изменений растительного покрова ленточных боров Приобского плато на протяжении голоцена. По данным космических снимков установлено изменение роли разных типов растительного покрова, соответствующее современным экологическим условиям степной и лесостепной зон. В условиях северо-лесостепной подзоны лесостепной зоны на долю сосновых и мелколиственных лесов приходится менее половины площади Бурлинского бора. В нем преобладает луговой тип растительного покрова, значительные площади заняты болотами и озерами. В южно-лесостепной подзоне лесостепной зоны, в которой расположена Барнаульская лента бора, на долю сосновых и мелколиственных лесов приходится около 80% площади. В структуре лесов степной зоны значительную роль играют озера. В юго-западном направлении снижается доля сосновых и мелколиственных лесов, но возрастает доля безлесных участков. Авторы приходят к выводу о том, что соотношение типов растительного покрова в структуре ленточных боров обусловлено пространственно-временным изменением комплекса природных условий, на которые накладывается воздействие антропогенного фактора.

Ключевые слова: Алтайский край, тип растительного покрова, ленточный бор, Приобское плато, степная зона, лесостепная зона, экологические условия, изменение климата.

Natural Prerequisites of Changing the Vegetation Cover of Ribbon Forests on the Territory of Altai Krai

О. N. Baryshnikova, A. P. Olfert, V. V. Kulagina

Olga N. Baryshnikova, <https://orcid.org/0000-0002-8205-0970>, Altai State University, Pr. Lenin 61, Barnaul 656049, Altai Krai, Russia, onb-olga@yandex.ru

Alexey P. Olfert, <https://orcid.org/0000-0002-5487-3021>, Altai State University, Pr. Lenin 61, Barnaul 656049, Altai Krai, Russia, olfert_a@mail.ru

Victoria V. Kulagina, <https://orcid.org/0000-0002-4214-9263>, Altai State University, Pr. Lenin 61, Barnaul 656049, Altai Krai, Russia, vika-kulagina22@mail.ru

The article presents the study results of changes in the plant cover of ribbon forests of the Priobsky Plateau during the Holocene. According to satellite imagery data, a change in the role of different types of vegetation cover, corresponding to the current environmentally friendly conditions of the steppe and forest-steppe zones has been established. Under the conditions of the northern forest-steppe subzone of the forest-steppe zone the share of pine and small-leaved forests accounts for less than half of the area of Burlinsky boron, meadow type of vegetation cover prevails in it, large areas are occupied by marshes and lakes. In the southern forest-steppe subzone of the forest steppe zone, in which the Barnaul boron ribbon is located, pine and small-leaved forests account for about 80% of the area. In the forest structure of the steppe zone, lakes play a significant role.



In the south-west direction the proportion of pine and small-leaved forests decreases, but the proportion of treeless areas increases. The authors come to the conclusion that the ratio of vegetation types in the structure of tape burs is due to the spatio-temporal change in the complex of natural conditions on which the anthropogenic factor is superimposed.

Keywords: Altai Territory, type of vegetation, ribbon forest, Priobsky plateau, steppe zone, forest-steppe zone, ecological conditions, climate change.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-4-9>

Введение

Ленточные боры встречаются на территории Западной Сибири, в Алтайском крае, Новосибирской области, на севере Казахстана и в Канаде.

На территории Алтайского края сосновые леса протягиваются относительно узкими лентами по поверхности Приобского плато с северо-востока на юго-запад. Таких лент четыре. Самая протяженная из них – Барнаульская лента. Она начинается у долины реки Оби и простирается на 550 км в юго-западном направлении. Ширина этой ленты едва достигает 15 км. С севера параллельно ей располагаются Касмалинская, Кулундинская и Бурлинская (Алеуская) ленты. В районе села Волчиха Барнаульский и Касмалинский боры сливаются в один массив шириной около 45 км. Все эти леса могут быть отнесены к реликтовым, так как располагаются в пределах степной и лесостепной природных зон континентального сектора Евразии. Первоначально они сформировались в условиях влажного и прохладного климата. Зонально-секторное положение боров обуславливает определенные различия в их структуре на участках, расположенных в разных природных зонах.

Цель настоящего исследования заключается в изучении современного состояния ленточных боров на территории Алтайского края. Для ее достижения были поставлены следующие задачи: определить соотношение площадей лесов и безлесных территорий на участках ленточных боров, расположенных в разных зональных условиях; сопоставить полученные материалы с данными крупномасштабных ландшафтных карт района исследования и установить причины изменения растительного покрова ленточных боров на территории Алтайского края.

Материалы и методы

Г. Ф. Морозов [1] обращает особое внимание на то, что растения, образующие лес, произрастают совместно, влияют друг на друга, находятся во взаимодействии со средой своего обитания и образуют динамическое единство. Таким образом, лесные экосистемы включают в себя не только лесную растительность, но и среду её обитания. Изменение структуры лесов представляет собой

результат воздействия комплекса экологических условий, которые меняются на протяжении геологической истории.

Ленточные боры Приобского плато сформировались в древних ложбинах стока, сложенных аллювиальными песчаными отложениями верхнечетвертичного и голоценового возраста [2]. С началом голоцена они постепенно заселялись сосновыми лесами, которые в настоящее время представляют собой внутризональные (интразональные) экосистемы с особым гидроклиматическим режимом, который оказался весьма благоприятным для произрастания сосновых лесов.

На протяжении голоцена сосновые боры периодически оказывались в экстремальных для их существования условиях. Так, около 3000 лет назад в условиях аридного климата произошла деградация южных степных боров [3]. В то время процессы ветровой эрозии по силе воздействия превосходили способность травянистого покрова удерживать пески от движения. В ленточных борах происходила эоловая переработка песчаных массивов. На месте боровых озер степной зоны существовали солончаки. В отложениях этого временного интервала обнаружены известковые конкреции как признак былого интенсивного испарения, которые датированы 3660 ± 75 лет назад (СОАН–2192) [4]. Подобные факты объясняют относительную молодость сосновых лесов степной зоны, изученных В. А. Николаевым [5].

Примерно 2500 лет назад вновь сложились условия, благоприятные для произрастания лесов, что привело к увеличению их площади [6]. В Малый ледниковый период произошло выпадение из состава ленточных боров теплолюбивых пород, например липы. До этого периода пыльца липы обнаруживалась в отложениях ложбин стока [5], соответствующих данному отрезку геологической истории.

В периоды кратковременных потеплений 1100–1000 гг., 1700–1600 гг. и 2300–2200 гг., установленных А. С. Архиповым и В. С. Волковой [7], а также 150 лет назад засушливое и жаркое лето способствовало распространению сухих степей на восток и остепнению сосновых лесов [5].

Начиная с XX столетия в районе исследования фиксируется постепенное увеличение температуры воздуха [8], на территории Алтайского края происходит снижение увлажнения территории степной зоны из-за малого количества осадков зимой. Можно предположить, что при сохранении подобных тенденций изменения климата следует ожидать сокращения площадей лесов. Во время полевых сезонов 2000–2009 гг. было установлено [2] преобладание степных климаксов в развитии растительного покрова степной зоны, снижение уровня грунтовых вод и дальнейшее остепнение ленточных боров на территории Алтайского края [9]. Благодаря способности лесов аккумулировать влагу они продолжают сохраняться в современных климатических условиях.



В настоящее время основной ярус ленточных боров образует сосна (*Pinus sylvestris*), во втором ярусе могут встречаться осина (*Populus tremula*) и береза (*Betula pendula*, *B. pubescens*), третий ярус образует подлесок, иногда встречаются: карагана (*Caragana arborescens*), рябина (*Sorbus sibirica*), ива (*Salix cinerea*, *S. caprea*), крушина (*Frangula alnus*), калина (*Viburnum opulus*) и другие деревья. Нижний ярус представлен травяно-кустарничковым (*Polygonatum odoratum*, *Lathyrus pisiformis*, *L. vernus*, *Angelica sylvestris*, *Crepis praemorsa*, *Pteridium aquilinum*, *Chimaphila umbellata*, *Orthilia secunda*, *Pyrola chlorantha*, *P. rotundifolia*, *P. minor*, *Solidago virgaurea*, *Sedum telephium*, *Vaccinium vitis-idaea*) и мохово-лишайниковым покровами, в низких местах последний замещается разнотравьем. На стволах и пнях развиваются мхи, лишайники, многочисленные грибы и водоросли, занимающие присущую им экологическую нишу.

Несмотря на относительную устойчивость лесов по отношению к внешним факторам среды, необходимы наблюдение за их состоянием и обоснование мер по сохранению этих уникальных экосистем.

Современные методы дистанционных исследований Земли дают возможность достаточно точно устанавливать породный состав лесов, с некоторой долей вероятности оценивать полноту насаждений и давать приблизительные оценки ярусности древостоя [10–12]. В данной статье представлены результаты исследования соотношения типов растительного покрова ленточных боров территории Алтайского края, проведенного по данным космических снимков. В процессе исследования было установлено, что в современных условиях смена типа леса в ленточных борах происходит вслед за изменением экологических условий степной и лесостепной природных зон [13, 14]. Для интерпретации результатов обработки космических снимков было сопоставлено положение ленточных боров с границами схемы физико-географического районирования территории Алтайского края [15]. Леса были поделены на участки, расположенные в разных зональных условиях. Для каждого из этих участков установлено соотношение площадей, занятых растительным покровом разного типа.

Для каждого из намеченных таким образом участков с помощью дешифрирования космических снимков и анализа карт восстановленных ландшафтов было установлено соотношение площадей, занятых лесами разного типа, лугами, болотами и озерами.

Результаты и их обсуждение

Состав лесообразующих пород сосновых лесов в границах северо-лесостепной подзоны лесостепной зоны изучался на примере Бурлинского бора, расположенного на севере Алтайского края. Эта лента начинается у Новосибирского водохра-

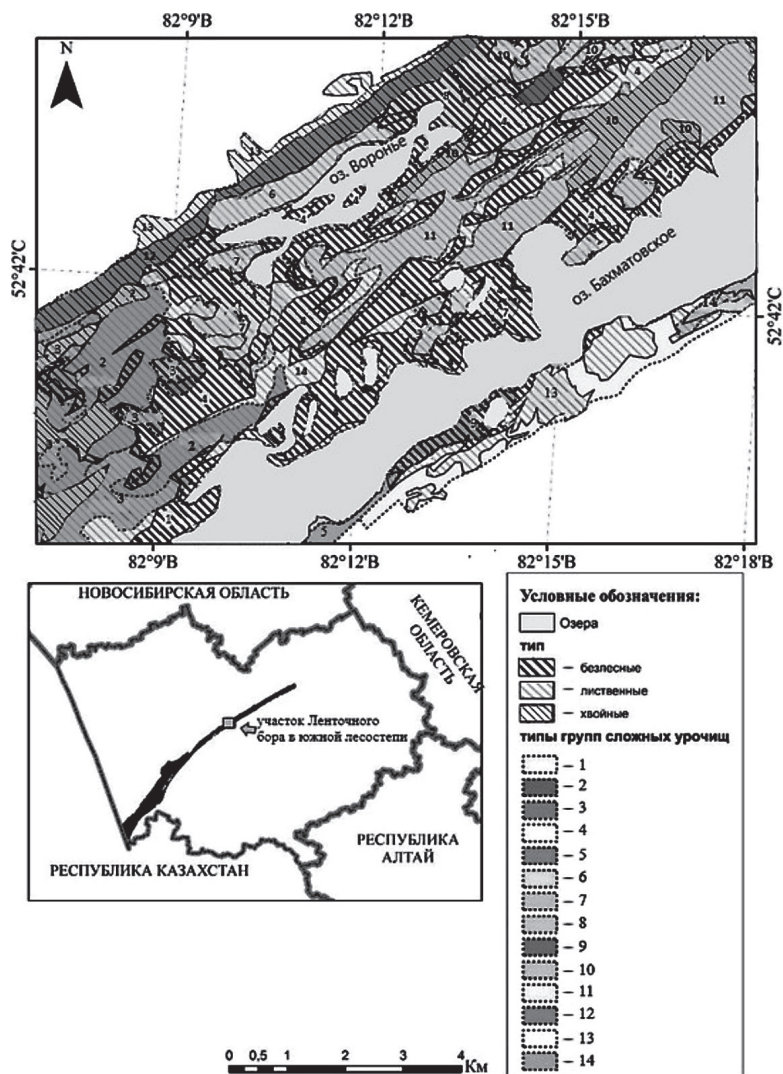
нилища в 35 км севернее города Камень-на-Оби и протягивается в юго-западном направлении на 100 км, её ширина не превышает 6–7 км. Особенностью растительного покрова Бурлинского бора является наличие большого количества переувлажненных лугов и болот. На долю лесных насаждений здесь приходится всего 24,9% от общей площади ленты. Сосновыми лесами занято 11,2%, а мелколиственными – 13,7%. На долю озер и рек приходится 4,5%. Доминирует по площади луговой тип растительного покрова.

На территории южно-лесостепной подзоны лесостепной зоны роль сосновых лесов в растительном покрове возрастает до 55%. Мелколиственные леса занимают около 23% от общей площади данного отрезка Барнаульского бора. Эти леса довольно сложно подразделить на вторичные и естественные, так как они имеют примерно одинаковый возраст. Безлесные участки составляют около 17%. Они в основном примыкают к долине реки Барнаулка, а также встречаются на юго-западной границе этой подзоны. Несмотря на то что климатические условия лесостепной зоны наиболее благоприятны для произрастания сосновых лесов, их доля в древостое не столь велика, так как зональными типами растительного покрова этой подзоны являются мелколиственные леса и луговые степи, на месте которых в настоящее время существуют лесополевые ландшафты.

Сопоставление картосхем типов растительного покрова, построенных авторами по космическим снимкам, и карт восстановленных ландшафтов бассейна реки Барнаулки [16] позволяет установить, что в пределах южно-лесостепной подзоны (рисунок) почти все безлесные участки представлены болотами, а также разнотравными лугами или низинными лугами низких озерных террас.

Данные участки не являются следствием антропогенного воздействия, т. е. представляют собой естественный тип растительного покрова. Территории, прилегающие к городу Барнаулу и другим населенным пунктам, ранее были заняты лесами: например, ландшафтный выдел с индексом 13 (см. рисунок), обозначающий вторично перевеянную поверхность с производным растительным покровом на месте коренных сосновых лесов. Ландшафтный выдел с индексом 7 ранее представлял собой сосновый лишайниковый, остепненный разнотравно-злаковый и осочковый бор, в настоящее время этот участок не имеет лесного покрова.

В умеренно-засушливой подзоне степной зоны на территории Барнаульской ленты бора встречается большое количество озер, на них приходится немногим более 20% площади данного отрезка ложбины стока. Доля безлесных участков увеличивается в сравнении с южной лесостепью до 28%, а доля сосновых и мелколиственных лесов снижается соответственно до 41% и 11%. При сопоставлении выделов ландшафтной карты [16] и



Сопоставление выделов ландшафтной карты [16] и схемы типов растительного покрова лесостепной зоны: типы групп сложных урочищ: 1 – тростниковые болота; разнотравно-злаково-осоковые, разнотравно-полянно-дерновиннозлаковые сообщества, луга разнотравно-злаковые и злаково-разнотравные; разреженные сосняки и псаммофитные группировки по гривам (пастбища); 2 – сосновый лишайниковый, остепненный злаковый бор; сосновые и березово-сосновые травяно-кустарниковые, осочковые и травяно-кустарничковые леса, местами ивово-березовые согры; 3 – сосново-осиново-березовые кустарниково-травяные, ивово-березовые осочковые и тростниковые согры, ивняковые и тростниковые болота; 4 – рогозово-, тростяново-тростниковые и осочковые болота с осочково-тростниковыми сплавами, залесенные сфагново-гипново-осоковые комплексы, березово-ивовые группировки и мелкие ивово-березовые осочковые согра по островам, по периферии разнотравно-злаково-осоковые луга; 5 – рогозово-тростниковые болота и ивняки; заболоченные разнотравно-злаково-осоковые луга, разреженные березняки, сосняки, кустарники и псаммофитные группировки по гривам (пастбища); 6 – ивово-березовые осочковые и тростниковые согры в сочетании с ивняками, рогозово-, тростяново-тростниковыми и осочковыми болотами; 7 – сосновый лишайниковый, остепненный разнотравно-злаковый и осочковый бор, сосново-осиново-березовые травяно-кустарниковые и кустарниковые леса, местами с псаммофитными сообществами, в сочетании с ивово-березовыми сограми, рогозово-, тростяново-тростниковыми и осочковыми болотами; 8 – гигрофильный злаковник и травник, воднопогруженная и гидрофитная плавающая растительность; 9 – гигрофильные злаковниковые и травниковые, с незначительным развитием воднопогруженной и гидрофитной плавающей растительности; 10 – сосновый лишайниковый, остепненный разнотравно-злаковый и осочковый бор; сосновый и березово-сосновый травяно-кустарниковый, злаковый, разнотравный, орляковый, травяно-кустарничковый и кустарничково-зеленомошный лес, местами ивово-березовые согры; 11 – сосново-осиново-березовый кустарниково-травяной лес; ивово-березовые осочковые и тростниковые согры, ивняки, тростниковые и осочковые болота; 12 – сосновый лишайниковый, остепненный разнотравно-злаковый и осочковый бор; сосновый и березово-сосновый травяно-кустарниковый, злаковый, разнотравный, орляковый, травяно-кустарничковый и кустарничково-зеленомошный лес, местами ивово-березовые согры; 13 – вторично перевеянные поверхности с производным растительным покровом на месте коренных сосновых лесов; 14 – сложный комплекс синантропной растительности, который представлен тремя подтипами: сеgetальной (сорной, пашенной), рудеральной (мусорной) растительностью и растительностью мест поселения



схемы типов растительного покрова, построенной по данным космоснимков, было установлено, что некоторые безлесные участки соответствуют болотам, лугам и не подвержены антропогенному воздействию.

По окраинам ленточного бора, на границе с сельскохозяйственными угодьями, лишайниковые и остепненные злаковые сосновые боры, сосновые и березово-сосновые травяно-кустарниковые, осочковые и травяно-кустарничковые леса фрагментированы безлесными участками. Сосновые остепненные злаковые боры на боровых песках с сосново-березовыми травяно-кустарниковыми лесами с осиновым подлеском на указанной схеме также соответствуют безлесным участкам.

В умеренно-засушливой и засушливо-степной подзоне степидоля площадей сосновых лесов составляет чуть менее 41%, а мелколиственных лесов снижается до 4%. Доля площадей безлесных участков возрастает до 26%. На вторичные леса приходится около 20% от общей площади леса. На космоснимках последние существенно отличаются от типичных боров, так как представляют собой разреженные древостои, формируются на местах, пострадавших от пожаров. Восстановлению таких лесов препятствует сухость климата данной подзоны (количество осадков от 250 до 350 мм в год). Естественное восстановление бора на гаях, пустырях, прогалинах протекает очень медленно, так как засушливость приводит к гибели всходов сосны. Выживает лишь незначительная часть побегов, оказавшаяся в благоприятных микроклиматических условиях.

Процесс восстановления леса носит, по определению Е. Г. Парамонова [17], «взрывной» характер, обусловленный дружным всходом семян в годы с благоприятными климатическими условиями весны и начала лета. Е. Г. Парамоновым [18] была установлена зависимость между нарастанием экстремальности условий природной среды и возрастным составом боров. У молодых деревьев наблюдается сплошное облиствление по вертикали, в случае пожара это становится причиной перехода низового пожара в верховой.

Л. Н. Грибанов [19] называет верховые пожары основной причиной образования безлесных площадей на территории ленточных боров. А. А. Маленко, А. А. Малиновских, А. С. Чичкарев [20] установили, что наибольшее количество пожаров пришлось на период с 1995 по 1999 г. Е. Г. Парамонов [18] пришел к выводу, что частые пожары привели к остепнению ленточных боров и сокращению их площади.

В пределах засушливо-степной подзоны зафиксировано наибольшее количество участков без леса. Это результат наложения антропогенного фактора на экстремальные для произрастания сосновых лесов климатические условия. В настоящее время на месте мертвопокровных и остепненных злаковых боров существуют безлесные участки, как и на месте сосново-осиново-бере-

зовых кустарниково-травяных лесов, сосновых лишайниковых, мертвопокровных и остепненных злаковых боров.

Недостаток атмосферной влаги в первой половине теплого периода является одной из главных отрицательных сторон климата степных и сухостепных районов Алтайского края [21]. Такие экстремальные для произрастания бора условия не могли не сказаться на его породном составе. Бор в пределах сухостепной подзоны степной зоны характеризуется наличием огромных площадей вторичных лесов, возникших после крупных лесных пожаров. Их доля составляет 55% от общей площади данного участка леса. На безлесные участки приходится 25% от его площади. На долю естественных сосновых и мелколиственных лесов приходится по 11% и 8% соответственно. А. А. Малиновских [4] пришел к выводу, что на участках пирогенных ландшафтов восстановление лесных систем не произойдет, так как активно идет процесс остепнения растительности. Лимитирующим фактором для восстановления сосны на данном участке является дефицит влаги. При изучении искусственных сосновых насаждений в ленточных борах Алтайского края некоторые авторы пришли к выводу, что их рост и продуктивность в пределах сухой, засушливой, умеренно-засушливой и колочной степи с ухудшением лесорастительных условий снижаются. В данной подзоне нарушен естественный процесс формирования леса: отсутствуют подлесок и прирост сосны, изменено почвенное микробиологическое равновесие, возросла освещенность и испаряемость.

В пределах каждого из исследованных участков боров наблюдается увеличение безлесных территорий. Некоторые из них представляют собой естественные сообщества (луга, болота и т. д.). Но встречаются и антропогенные пустоши: наибольшие их площади зафиксированы в засушливо-степной и сухо-степной подзонах степной зоны. В условиях нарастания аридизации климата естественное восстановление лесов юго-западной части ленточных боров невозможно. Положение усугубляется частым возгоранием светлых и сухих сосновых лесов в сухие периоды года. Частые пожары в условиях климата степей определили уязвимость лесов, которые постепенно уступают место степным ассоциациям.

Леса лесостепной зоны способны к самовосстановлению. Здесь преобладают сосновые и березово-сосновые леса. Основным фактором сокращения их площади является вырубка лесов, связанная с заготовкой древесины и освобождением площадок под строительство.

Выводы и заключение

Сопоставление картосхем типов растительного покрова, построенных авторами, и карт восстановленных ландшафтов бассейна реки Барнаулки



позволяет установить, что на территории лесостепной зоны сосновые леса занимают более половины площади ленты, на втором месте находятся мелколиственные леса, безлесные участки представлены пойменными лугами и болотами. Сокращение площадей лесов происходит вблизи населенных пунктов и по окраинам ленточного бора, на границе с сельскохозяйственными угодьями.

На территории степной зоны доля сосновых лесов едва достигает 40% от общей площади леса, доля мелколиственных лесов сокращается до 4–10%, на безлесные участки приходится около 26% от общей площади, существенно возрастает площадь вторичных лесов (около 20%), подвергающихся остепнению.

Роль лесобразующих пород в структуре ленточных боров и других типов растительного покрова на территории Алтайского края обусловлена пространственно-временным изменением природных условий, на которые накладывается воздействие антропогенного фактора.

Реликтовый характер ленточных боров требует запрета рубок в них, придания им особого рекреационного и природоохранного статуса, а также исследования возможности производства на территории этих лесов экологически чистой продукции.

Библиографический список

1. Морозов Г. Ф. Учение о лесе. М. ; Пятигорск : Госиздат, 1924. 404 с.
2. Михаревич М. В., Барышникова О. Н. Эволюция ландшафтной структуры лесостепной зоны юго-востока Западно-Сибирской равнины в голоцене // Вестник ТГУ. 2009. № 329. С. 267–271.
3. Парамонов Е. Г., Ишутин Я. Н. Социальная значимость ленточных боров // Проблемы лесоводства и лесовосстановления на Алтае. Барнаул : Изд-во АГУ, 2001. С. 58–60.
4. Малиновских А. А. Влияние экологических условий на флористический состав гарей 1997 года в юго-западной части ленточных боров Алтайского края // Вестник АГАУ. 2015. № 11, вып. 133. С. 76–79.
5. Николаев В. А. Ландшафты азиатский степей. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1999. 285 с.
6. Ненашева Г. И., Силантьева М. М., Михайлов Н. Н. Палинологические исследования голоценовых отложений оз. Рублево (Михайловский район Алтайского края)

и их ботаническая интерпретация // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии : тез. докл. V междунар. науч.-практ. конф. Барнаул : АзБука, 2006. С. 164–168.

7. Архипов С. А., Волкова В. С. Геологическая история, ландшафты и климаты плейстоцена Западной Сибири. Новосибирск : ОИГГМ СО РАН, 1994. 105 с.
8. Харламова Н. Ф. Климат Алтайского региона. Барнаул : Изд-во АГУ, 2013. 108 с.
9. Алексеева С. Ф. Засухи в Алтайском крае // Вестник Моск. ун-та. Сер. География. 1970. № 4. С. 112–113.
10. Абдулкасимов А., Бдуназаров Р. А., Ярашев К. С. Применение космоснимков при ландшафтном картографировании Кураминского хребта и прилегающих равнин // Молодой ученый. 2012. № 3. С. 131–132.
11. Кейко Т. В., Коновалова Т. И. Ландшафтно-экологическое картографирование на основе материалов дистанционного зондирования Земли из космоса // Солнечно-земная физика. Иркутск : ИНФРА-М, 2004. Вып. 5. С. 48–50.
12. Парамонов Е. Г. Оценка естественного и искусственного восстановления сосны на гарях // География и природопользование Сибири : сб. ст. Барнаул : Изд-во АГУ, 2002. Вып. 5. С. 105–110.
13. Ландшафтная карта Алтайского края: зонально-провинциальный уровень / ИВЭП СО РАН. Барнаул, 1995. 350 с.
14. Ландшафтная карта Алтайского края: уровень местностей / ИВЭП СО РАН. Барнаул, 1995. 214 с.
15. Атлас Алтайского края. М. ; Барнаул : ГУГК, 1978. 222 с.
16. Черных Д. В., Золотов Д. В. Пространственная организация ландшафтов бассейна реки Барнаулки. Новосибирск : СО РАН, 2011. 205 с.
17. Парамонов Е. Г., Ишутин Я. Н. Крупные лесные пожары в Алтайском крае. Барнаул : Изд-во АГУ, 2005. 240 с.
18. Парамонов Е. Г., Ключников М. В. Рациональное лесопользование в ленточных борах Алтайского края // География и природопользование Сибири : сб. ст. Барнаул : Изд-во АГУ, 2002. Вып. 5. С. 95–105.
19. Грибанов Л. Н. Степные боры Алтайского края и Казахстана. М. ; Л. : Гослесбумиздат, 1960. 145 с.
20. Маленко А. А., Малиновских А. А., Чичкарев А. С. Динамика горимости лесов юга Западной Сибири // Вестник АГАУ. 2015. № 6. С. 68–72.
21. Сляднев А. П., Фельдман Я. И. Важнейшие черты климата Алтайского края // Природное районирование Алтайского края : тр. особой комплексной экспедиции по землям нового сельскохозяйственного освоения. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1958. С. 9–61.

Образец для цитирования:

Барышникова О. Н., Ольферт А. П., Кулагина В. В. Природные предпосылки изменения растительного покрова ленточных боров на территории Алтайского края // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 4–9. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-4-9>

Cite this article as:

Baryshnikova O. N., Olfert A. P., Kulagina V. V. Natural Prerequisites of Changing the Vegetation Cover of Ribbon Forests on the Territory of Altai Krai. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 4–9 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-4-9>



УДК 911.5:621.644:624.131.1(476)

Типологическое районирование трасс магистральных трубопроводов по возможности проявления инженерно-геологических процессов (на примере трассы магистрального трубопровода «Дружба 2» в пределах Республики Беларусь)



Т. А. Мележ

Мележ Татьяна Александровна, старший преподаватель, Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, Республика Беларусь, tatyana.melezh@mail.ru

Проведено типологическое районирование трассы магистрального трубопровода «Дружба 2» по возможности проявления инженерно-геологических процессов. Выделено семь групп процессов по агенту рельефообразования. Каждая из них включает несколько типов, отличающихся генезисом процесса. На основании анализа комплекса факторов – геологического строения, характера неотектонических процессов, геоморфологических условий, особенностей гидрогеологических и климатических условий, интенсивности флювиальных процессов, степени техногенного влияния на геологическую среду – автором разработана классификация опасных инженерно-геологических процессов, проявление и активизация которых прослеживаются вдоль трасс магистральных трубопроводов.

Ключевые слова: инженерно-геологические процессы, генетические типы отложений, магистральные трубопроводы, типология.

Typological Zoning of Trunk Pipeline Routes According to the Possibilities of Engineering-Geological Processes (on the Example of the Trunk Pipeline «Druzhba 2» within the Limits of the Republic of Belarus)

Т. А. Melezh

Tatsiana A. Melezh, <https://orcid.org/0000-0003-0847-3366>, Francisk Skorina Gomel State University, 104 Sovetskaya St., Gomel 246019, Republic of Belarus, tatyana.melezh@mail.ru

The typological zoning of the main pipeline route «Druzhba 2» has been carried out as far as possible manifestations of engineering-geological processes appear. Seven groups of processes are singled out on the agent of a relief formation, each of which includes several types allocated on the genesis of process. Based on the analysis of a set of factors: geological structure, the nature of neotectonic processes, geomorphological conditions, especially hydrogeological and climatic conditions, the intensity of fluvial processes, as well as the degree of anthropogenic impact on the geological environment the author has developed a classification of dangerous engineering-geological processes, the manifestation and activation of which can be traced along the routes of pipelines.

Keywords: engineering-geological processes, genetic types of deposits, main pipelines, typology.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-10-16>

Введение

Первые магистральные газопроводы и газопроводы-отводы газотранспортной системы Республики Беларусь были построены в 1960–1961 гг. В 1961 г. начал функционировать газопровод Ивацевичи–Вильнюс. В 1963 г. сдан в эксплуатацию первый трансевропейский нефтепровод «Дружба», проложенный в южной части Беларуси. Первый в республике нефтепродуктопровод Полоцк–Вентспилс действует с 1972 г. В 1974 г. были введены в эксплуатацию участок газопровода Волковыск – государственная граница с Польшей – и первая нитка магистрального газопровода Торжок–Минск–Ивацевичи протяженностью 453 км. В 1978 г. была введена в эксплуатацию вторая нитка магистрального газопровода Торжок–Минск–Ивацевичи. В 1983 г. была введена в эксплуатацию третья нитка магистрального газопровода Торжок–Минск–Ивацевичи. В 1996 г. началось строительство трансконтинентального газопровода Ямал–Европа. В 1999 г. введен в эксплуатацию участок магистрального газопровода Ямал–Европа протяженностью 209 км.

В процессе техногенеза между компонентами геологической среды – литологической основой (грунтами), рельефом, а также природными водами (поверхностными и подземными) и магистральными трубопроводами (капитальные инженерные сооружения, рассчитанные на длительный срок эксплуатации и предназначенные для бесперебойной транспортировки на значительное расстояние природных и искусственных газов, нефти, нефтепродуктов, воды, твердых и сыпучих тел, взвешенных в потоке воздуха или воды, от мест их добычи и переработки к местам потребления) – возникает тесная взаимосвязь, приводящая к формированию природно-техногенной системы «геологическая среда–трубопровод», особому типу геотехнических систем. Трассы магистральных трубопроводов прокладываются в разных природно-климатических зонах, отличающихся геологией, геокриологией, гидрогеологией, географическим ландшафтом и степенью его освоенности.

Цель исследования – проведение типологического районирования трасс магистральных трубопроводов по возможности проявления инженерно-геологических процессов (на примере трассы магистрального трубопровода «Дружба 2» в пределах Республики Беларусь).



Материал и методы исследования

В основу положены результаты инженерно-геологических исследований, проводимых в пределах трасс магистральных трубопроводов, а также картографический материал: топографические карты, геоморфологическая карта и карта четвертичных отложений Беларуси. Для осуществления типизации трас магистральных трубопроводов использовались экспедиционные работы, картографические методы и метод системного анализа.

Результаты исследования

Природные условия ветки магистрального нефтепровода «Дружба 2» по линии Костюковичи–Орша–Новополоцк характеризуются неоднородностью. В тектоническом отношении (с востока на запад) нефтепровод пересекает северную переклиналъ Воронежской антеклизы, далее Оршанскую впадину и часть Латвийской седловины. Кровля фундамента погружена от –200–600 м, до –500–1300 м [1]. Платформенный чехол, как правило, включает отложения девона (D), мела (K) и юры (J), палеогена (P), неогена (N) и антропогена (Q). Наибольшее распространение получили породы меловой системы (мергельно-меловые, глины), девона (мергели, известняки, доломиты, песчаники), палеогена (пески, глины) и неогена (пески, глины).

Общей и важной чертой региона является молодость рельефа, оформление которого связано с последней ледниковой эпохой, позднеледниковьем и голоценом (северный участок трубопровода в пределах Поозерья). Основные котловины и возвышенности получили первичные контуры уже в эпоху сожского оледенения. В эти геологические этапы большое значение приобретали восходящие и нисходящие неотектонические и гляциоизостатические движения, оказавшие существенное влияние на осадконакопление в водоемах, преобразование возвышенностей, трансгрессивные и регрессивные фазы морфо- и седиментогенеза.

Абсолютные высоты дневной поверхности колеблются в пределах от 155–180 до 220–290 м. Особенностью рельефа является преобладание пологоволнистых, водно-ледниковых равнин, фронтальных краевых моренных возвышенностей и угловых массивов с явным преобладанием тяжелых моренных суглинков и валунного материала, не покрытых более поздними отложениями, с широким распространением форм рельефа ледниковой аккумуляции и экзарации [2].

Характерно распространение суффозионных западин, оврагов, балок на лессовидных породах. В связи с неглубоким залеганием меловых пород чаще, чем в других областях, проявляются карстовые процессы. Сложное сочетание факторов и условий морфогенеза обусловило генетическое и морфологическое разнообразие рельефа.

Интенсивность, скорость, характер и направленность неблагоприятных процессов, протекающих в пределах трасс магистральных трубопроводов, определяются геоморфологическими условиями, свойствами горных пород и особенностями их залегания, типом руслового процесса (для подводных переходов), неотектоническими процессами, степенью хозяйственного освоения территории [3].

На основании анализа комплекса факторов – геологического строения, характера неотектонических процессов, геоморфологических условий, особенностей гидрогеологических и климатических условий, интенсивности флювиальных процессов, а также степени техногенного влияния на геологическую среду – автором разработана классификация опасных инженерно-геологических процессов, проявление и активизация которых прослеживаются вдоль трасс магистральных трубопроводов. По агенту рельефообразования выделено семь групп процессов. Каждая из них включает несколько типов, отличающихся происхождением процесса [3, 4, 5]:

1-я группа – гравитационная – включает типы: обвально-осыпной, оползневой и крип;

2-я группа – гидрогеологическая (процессы, связанные с деятельностью подземных вод, в том числе их агрессивностью) – включает типы: суффозионно-карстовый и подтопление;

3-я группа – флювиальная – включает типы: плоскостная эрозия, размыв берегов, русловые деформации;

4-я группа – климатическая – включает типы: протаивание, промерзание, переувлажнение грунта;

5-я группа – биогенная – тип заболачивание;

6-я группа – тектоническая;

7-я группа – технологическая (оттаивание мерзлого грунта вокруг нагретой трубы).

К самостоятельной категории можно отнести электрохимические свойства грунтов (оммическая составляющая), снеговую и ветровую нагрузку, нагрузку от обледенения наземного трубопровода.

Инженерно-геологические условия территорий играют значительную роль при разработке инженерных проектов, и в частности линейных инженерных сооружений (магистральные трубопроводы), а также их эксплуатации. Инженерно-геологические условия территории, ее геоморфологическое строение дают наиболее полное представление о генезисе, морфологии и возрасте изучаемого рельефа [6].

Морфологические особенности территории также несут в себе генетическую информацию, что позволяет судить об интенсивности и направленности происходящих изменений. Работа разных рельефообразующих агентов выражается в облике создаваемых ими форм или комплексов форм рельефа.

На основе анализа комплекса факторов (морфометрические характеристики рельефа,



генетический тип отложений, тип грунтовой толщи, глубина залегания грунтовых вод и характер их агрессивности), а также проявления опасных инженерно-геологических процессов автором проведено типологическое районирование трассы магистрального трубопровода «Дружба 2» (таблица). На основании вышеизложенного нами выделено четыре типа районов.

Первый тип – охватывает территорию полого-волнистых озерно-ледниковых равнин (Полоцкая низина и Лучесинская ледниково-озерная низина) с преобладающими абсолютными отметками 140–160 м, глубина расчленения варьирует от 3–5 до 5–10 м, густота расчленения – 0,35–0,5 км/км², крутизна склонов незначительна, колеблется в пределах от 1–2 до 3–4,5°, длина склонов 0,22 м. Антропогенная толща сложена моренными (gQIIIprz), флювиогляциальными (fQIIIprz), озерно-ледниковыми (lgQIIIprz), озерно-аллювиальными (laQIIIprz), болотными (bQIV), аллювиальными (aQIV, aQIIIprz) и эоловыми (vIII–IV) отложениями, представленными глинами, суглинками, супесями, песками и торфом. Мощность антропогенной толщи порядка 130 м. Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 0,3–1,5 до 3–5 м. Согласно геолого-гидрохимическому районированию территории Беларуси по типу агрессивности подземных вод район относится к зоне с углекислым типом агрессивности; степень минерализации подземных вод четвертичной толщи варьирует в пределах 0,3–0,5 г/л, однако в бассейне Западной Двины выделяется обширная зона с минерализацией подземных вод более 0,5 г/л, что коррелируется с областью распространения озерно-ледниковых отложений (lgQIIIprz), временем отступления поозерского ледника, а также высокой «моренонасыщенностью» четвертичного разреза; по составу это преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-магниево-железные воды.

Согласно схеме районирования территории Беларуси по глубине промерзания грунтов описываемый район относится к зоне, где средняя многолетняя глубина промерзания грунтов составляет 60–75 см. На основании зонирования территории Беларуси по условиям пучинообразования территория района относится к Северо-восточной зоне, характеризующейся продолжительной зимой около 120 суток, устойчивым снежным покровом, сохраняющимся 100–120 дней. Оттепелей сравнительно мало. Промерзание грунта начинается в конце октября – начале ноября, а оттаивание – в конце марта – начале апреля. Средняя многолетняя отрицательная температура воздуха 7–8°C ниже нуля. Количество осадков составляет примерно 600 мм.

На основании описанных условий в пределах первого типа возможно проявление и развитие следующих групп опасных инженерно-геологических процессов:

гидрогеологическая группа, тип процесса *подтопление*, развитие которого связано с

характером рельефа (низкие гипсометрические уровни), близким залеганием грунтовых вод к поверхности (0,3–1,5 м) и пр. Так, под подтоплением понимают любое увеличение уровня грунтовых вод выше некоторого критического положения, при котором отсутствуют необходимые условия для строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Причиной этого в первую очередь являются техногенная утечка воды из подземных водонесущих коммуникаций, прудов, отстойников, засыпка естественных дренажей – оврагов, подпор грунтовых вод – в прибрежных зонах водохранилищ, барражный эффект. Наиболее подтопляемыми являются территории, сложенные слабопроницаемыми, фильтрационно-анизотропными глинистыми грунтами со слаборазвитой эрозийной сетью и неглубоким залеганием водоупорных слоев. Скорость повышения уровня грунтовых вод на таких территориях в первые 10 лет может достигать 0,5–1,0 м в год, иногда 3–4 м в год, а в отдельных случаях аварийного замачивания и более 1,0 м;

климатическая группа, тип процесса *протаивание и промерзание*, а также *пучение грунтов*, поскольку в составе толщи вскрываются пылеватые грунты, в которых происходит интенсивное накопление влаги с образованием ледяных линз при промерзании. Так, песчаные грунты обладают малой поверхностной энергией. Пылеватые грунты – значительной поверхностной энергией и небольшим сопротивлением подъему воды. Поэтому в них происходит интенсивное накопление влаги с образованием ледяных линз при промерзании. Глинистые грунты обладают огромной поверхностной энергией и большим сопротивлением перемещению воды в порах. Поэтому скорость перемещения в них небольшая. При отрицательных температурах они не успевают промерзнуть быстрее, чем вода поднимается в активную зону. Пучение зависит от климатических, грунтовых и гидрологических условий;

биогеологическая группа, тип процесса *заболочивание*;

тектоническая группа, процессы связаны с наличием локальных разломов: наиболее значительным является суперрегиональный Полоцкий разлом.

Второй тип – занимает территорию в пределах пологой, полого-волнистой моренной равнины с моренно-холмисто-озерным рельефом (Шумилинская и Горецкая моренная равнины), абсолютные отметки в среднем составляют 150–160 м, максимальные достигают 200 м, глубина расчленения 10–15 м, густота расчленения 0,3–0,4 км/км², крутизна склонов 2–4°, длина склонов 0,3–0,4 км. Антропогенная толща сложена моренными (gQIIIprz; gQIIIsz), флювиогляциальными (fQIIIprz; fQIIIsz), озерно-ледниковыми (lgQIIIsz), аллювиальными (aQIIIprz; aQIIIsz) отложениями, представленными валунными супесями и суглинками, лессовидными суглинками, глинами,



Типологическое районирование трассы магистрального трубопровода «Дружба 2»

Типологический район	Морфометрические характеристики рельефа		Генетические типы отложений	Тип грунтовой толщи	Глубина залегания грунтовых вод, м	Тип агрессивности грунтовых вод	Инженерно-геологические процессы
	параметр	показатель					
1	Абс. отм.	140–160 (max 180) м	<p>Моренные (gQIIIprz), флювиогляциальные (fQIIIprz), озерно-ледниковые (lgQIIIprz), озерно-аллювиальные (laQIIIprz), болотные (bQIV), аллювиальные (aQIV, aQIIIprz), эоловые (vIII-IV)</p>	<p>Глины, суглинки, моренные супеси, безвалунные и валунные суглинки, пески, торф</p>	<p>0,3–1,5 (в пределах низменностей) 3–5 (на равнинах)</p>	<p>Углекислотный</p>	<p>Заболачивание, подтопление</p>
	Глубина расчленения	От 3–5 до 5–10 м					
	Густота расчленения	0,35–0,5 км/км ²					
	Крутизна склонов	От 1–2 до 3–4,5°					
	Длина склонов	0,22 км					
2	Абс. отм.	От 150–160 до 200	<p>Моренные (gQIIIprz; gQIIIsz), флювиогляциальные (fQIIIprz; fQIIIsz), озерно-ледниковые (lgQIIIsz), аллювиальные (aQIIIprz; aQIIIsz)</p>	<p>Моренные супеси и суглинки, лессовидные суглинки, глины, пески</p>	<p>От 3 до 5</p>	<p>Сочетание углекислотного и карбонатного типов</p>	<p>Оврагообразование, оползни и осыпи, суффозия, плоскостная эрозия</p>
	Глубина расчленения	10–15 м					
	Густота расчленения	0,3–0,4 км/км ²					
	Крутизна склонов	От 2–4 до 6°					
	Длина склонов	0,3–0,4 км					
3	Абс. отм.	200–225	<p>Моренные (gQIIIprz; gQIIIsz), флювиогляциальные (fQIIIprz; fQIIIsz), аллювиальные (aQIIIprz; aQIIIsz)</p>	<p>Валунные супеси и суглинки, пески, лессовидные породы</p>	<p>От 10 до 15</p>	<p>Углекислотный</p>	<p>Оврагообразование, осыпи, оползни, суффозия, плоскостная эрозия</p>
	Глубина расчленения	20–30 м					
	Густота расчленения	0,3–0,4 км/км ²					
	Крутизна склонов	От 4 до 6°					
	Длина склонов	0,4–0,6 км					
4	Абс. отм.	190–225 м	<p>Моренные (gQIIIsz; gQIIId), флювиогляциальные (fQIIIsz; fQIIId-sz), аллювиальные (aQIIIprz; aQIV), болотные (bIV)</p>	<p>Валунные суглинки и супеси, пески, лессовидные суглинки, торф</p>	<p>От 3 до 5</p>	<p>Карбонатный</p>	<p>Обвалы, осыпи, крип, оврагообразование, заболачивание, суффозия, карст, эоловые процессы</p>
	Глубина расчленения	12,4 м					
	Густота расчленения	0,4–0,6 км/км ²					
	Крутизна склонов	3–5°					
	Длина склонов	0,22–0,44 км					



атмосферных осадков. Величина плоскостного смыва изменяется от 2,4–3,6 до 8,0–8,8 мм/год, что связано с распространением покровных лессовидных отложений и величиной выпадающих атмосферных осадков (до 600 мм);

гравитационная группа, тип процесса *оползни и осыпи*, что объясняется характером рельефа, крутизной склонов (4–6°);

гидрогеологическая группа, тип процесса *суффозия*: проявление и развитие процесса связаны с характером грунтовой толщи, а именно наличием в разрезе лессовидных суглинков, с выщелачиванием карбонатов, вымыванием глинистых частиц и последующей просадкой поверхности. Суффозионные западины распространены на плоских участках плакоров, их относительная глубина 0,1–1,5 м, иногда достигает 3 м.

Четвертый тип – характеризуется преобладанием приподнятых полого-волнистых равнин, абсолютные отметки в среднем составляют 190–225 м, глубина расчленения 12,4 м, густота расчленения 0,4–0,6 км/км², крутизна склонов от 3 до 5°, длина склонов от 0,22 до 0,44 км. Антропогенная толща сложена моренными (gQIII_d; gQII_{sz}), флювиогляциальными (fQIII_{dsz}; fQII_{sz}), аллювиальными (aQIII_{prz}; aQIII_v) и болотными (bIV) отложениями, представленными валунными супесями и суглинками, песками, торфами. Мощность антропогенной толщи изменяется от 20 до 140 м. Глубина залегания грунтовых вод от 3 до 5 м.

Согласно геолого-гидрохимическому районированию по типу агрессивности подземных вод район относится к зоне, где доминирует карбонатный тип, степень минерализации подземных вод четвертичной толщи составляет от 0,3 до 0,5 г/л, что объясняется преобладанием в составе покровных отложений моренных (gQIII_d; gQII_{sz}) образований; по составу это преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-магниево-натриевые воды.

Согласно схеме районирования по глубине промерзания грунтов описываемый район, так же как и первый, относится к зоне, где средняя многолетняя глубина промерзания грунтов составляет 60–75 см. На основании зонирования территории Беларуси по условиям пучинообразования территория района относится к Северо-восточной зоне, характеризующейся продолжительной зимой – около 120 суток, устойчивым снежным покровом, сохраняющимся 100–120 дней. Промерзание грунта начинается в конце октября – начале ноября, а оттаивание – в конце марта – начале апреля.

На основании инженерно-геоморфологических условий в пределах описываемого района возможно проявление и развитие следующих групп опасных инженерно-геологических процессов:

флювиальная группа, тип процесса *оврагообразование*: крупные эрозионные формы формируют разветвленные овражно-балочные системы, глубина оврагов достигает 20–25 м. Интенсивность флювиальных процессов зависит от

крутизны склонов, глубины вертикального расчленения рельефа, а также густоты расчленения. Кроме того, на условия развития водно-эрозионных процессов оказывает влияние литологический состав поверхностных отложений; тип процесса *плоскостная эрозия*: ее вызывает поверхностный сток, формирующийся в результате выпадения атмосферных осадков. Величина плоскостного смыва изменяется от 3,6 до 7,4 мм/год, что связано с распространением покровных лессовидных отложений и величиной выпадающих атмосферных осадков (до 600 мм);

гравитационная группа, тип процесса *оползни и осыпи*, что объясняется характером рельефа, крутизной склонов (3–5°);

гидрогеологическая группа, тип процесса *суффозия*: проявление и развитие процесса связано с характером грунтовой толщи, а именно наличием в разрезе лессовидных суглинков (мощность которых достигает 4–6 м), с выщелачиванием карбонатов, вымыванием глинистых частиц и последующей просадкой поверхности. Развита суффозионная западина диаметром от 30 до 300 м, глубиной 2,5 м; тип процесса *карст* – комплекс форм рельефа, созданный в результате химического выветривания карстующихся пород, главным образом мела; распространены термокарстовые и карстовые западины, достигающие до 50 м в поперечнике и до 2–5 м в глубину;

эоловые процессы – объединяют эрозионную деятельность (дефляцию), перенос и аккумуляцию материала. Эоловые формы (холмы и гряды) достигают в высоту 2–7 м, длина до нескольких сотен метров. Возможно возникновение пыльных бурь от слабой до средней;

биогеологическая группа процессов, тип процесса *заболачивание*, мощность торфяников достигает иногда до 4–5 м.

Выводы

На основании комплекса факторов проведено типологическое районирование магистрального трубопровода «Дружба 2», выделено четыре района, каждый из которых характеризуется определенными морфометрическими показателями, генетическим типом отложений, типом грунтовой толщи, глубиной залегания грунтовых вод, типом агрессивности грунтовых вод, а также проявлением и развитием определенных инженерно-геологических процессов.

Поведение системы «геологическая среда – трубопровод» определяется развитием в ней механических напряжений и выражается в виде взаимообусловленных и последовательно действующих процессов и явлений, таких как упругое и пластическое деформирование, а также разрушение (хрупкое при нарушении сплошности либо пластическое с потерей устойчивости пород). При очевидности негативного воздействия геологической среды на техноприродную систему



«геологическая среда – магистральный трубопровод» возможно моделирование экстремальных ситуаций с получением количественных характеристик силового воздействия на трубопровод.

Исследование природно-техногенной системы позволяет изучать, с одной стороны, влияние магистральных трубопроводов на состояние геологической среды, с другой – влияние геологической среды на трубопровод. Влияние магистральных трубопроводов на состояние геологической среды проявляется в механическом разрушении грунта (развитие эрозии, оврагов, термокарста), нарушении экологического равновесия (загрязнение окружающей среды продуктами, транспортируемыми по трубопроводу, тепловое загрязнение и пр.), нарушении микро- и макро-рельефа, качественном (трудновосстановимом) изменении окружающей среды (термокарсты, оползни, деформация русла реки).

Библиографический список

1. Тектоническая карта Белоруссии. Масштаб 1: 500 000 / сост. Р. Г. Горещкий. М. : Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1974.
2. Мележ А. А. Общая характеристика природных условий трасс магистральных трубопроводов на территории Беларуси // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси : материалы науч.-практ. конф. студ., магистр. и асп. Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2014. С. 96–99.
3. Мележ А. А. Опасные инженерно-геологические процессы на трассах магистральных трубопроводов // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси. С. 99–102.
4. Сучасныя геалагічныя працэсы. М 1 : 1 3 000 000 // Нацыянальны атлас Беларусі. Мінск : Белкартаграфія, 2002. С. 50.
5. Геоморфологическая карта Белорусской ССР / сост. Р. И. Левицкая ; гл. ред. Б. Н. Гурский. Масштаб 1 : 500 000. Минск, 1986.
6. Мележ А. А. Особенности инженерно-геологических изысканий при проектировании линейных сооружений в районах развития опасных инженерно-геологических процессов // Грани науки-2014 : сб. тез. 3-й Всерос. инт.-конф. / отв. ред. А. В. Герасимов. Казань : СМУиС, 2014. С. 425–426.

Образец для цитирования:

Мележ Т. А. Типологическое районирование трасс магистральных трубопроводов по возможности проявления инженерно-геологических процессов (на примере трассы магистрального трубопровода «Дружба 2» в пределах Республики Беларусь) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 10–16. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-10-16>

Cite this article as:

Melezh T. A. Typological Zoning of Trunk Pipeline Routes According to the Possibilities of Engineering-Geological Processes (on the Example of the Trunk Pipeline «Druzhba 2» within the Limits of the Republic of Belarus). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 10–16 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-10-16>



УДК 911:311

Макрорегионы как надрегиональные инновационные системы: проблема перетока знания

Ю. В. Преображенский

Преображенский Юрий Владимирович, кандидат географических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, topofag@yandex.ru

Обосновывается необходимость формирования и развития в пределах страны надрегиональных инновационных систем в целях эффективного протекания инновационного цикла, распространения знания и инноваций. Обсуждаются свойства региональной инновационной системы, в том числе актуальные в российских условиях низкой плотности населения и экономической деятельности. Проверяется гипотеза о макрорегионах России как о надрегиональных инновационных системах. Выделяются регионы – научные и инновационные центры. Показывается недостаточность таких центров для полноценного развития национальной инновационной системы.

Ключевые слова: региональная инновационная система, макрорегион, переток знания, инновационное развитие.

Macroregions as Supra-Regional Innovation Systems: The Problem of Knowledge Spillover

Yu. V. Preobrazhenskiy

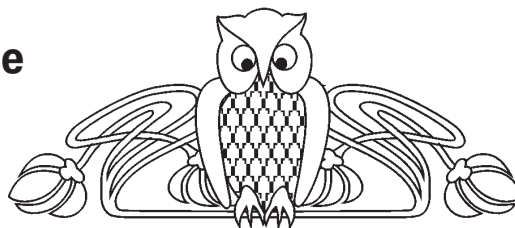
Yuri V. Preobrazhenskiy, <http://orcid.org/0000-0003-2774-0554>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, topofag@yandex.ru

The necessity of formation and development of supra-regional innovation systems within the country for the effective flow of the innovation cycle, dissemination of knowledge and innovations is substantiated. The properties of the regional innovation system including those relevant in the Russian conditions of low population density and economic activity are discussed. The hypothesis that the macro-regions of Russia are considered as a super-regional innovation systems is tested. The regions – scientific and innovative centers—are singled out. The author shows the insufficiency of such centers for the full development of the national innovation system.

Keywords: regional innovation system, macroregion, knowledge spillover, innovative development.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-17-22>

Введение. Российская специфика регионального развития, связанная с разреженным по огромной территории населением, низкой плотностью хозяйственной ткани, является серьезным вызовом для пространственного планирования страны и ее регионов. При этом требуются уникальные решения, поскольку зарубежный опыт, накопленный на материале густо населенных стран Западной Европы и побережий США, слабо применим к российской действительности. В



зарубежных исследованиях много внимания уделяется социальным связям (сетям), социальному капиталу, что понятно в условиях сформированности базовых предпосылок развития: экономической, инновационной инфраструктуры. Большое внимание уделяется вопросам перетока знания на локальном уровне посредством коворкинга и другого непосредственного взаимодействия между социальными агентами.

В современной российской ситуации еще не решена задача связности на макроуровне. Вследствие этого понятен интерес географов к советской практике планирования, в частности к выделению крупных экономических районов, в которых поддерживался принцип их относительной самодостаточности, и управлению ими.

В отечественной научной литературе проблема регионального развития поднималась в последние десятилетия почти исключительно по отношению к субъекту РФ. Однако разнообразие российских регионов, разброс по показателям плотности, вкладу в экономику страны, отраслевой специализации вынуждают, правда, с некоторыми оговорками сравнивать регионы между собой. Более того, не всегда регион выступает в качестве полноценной системы (экистической, производственной, инновационной и пр.). Сложно говорить о Московской области, не анализируя Москву, о Республике Адыгея без отсылок к Краснодарскому краю. При этом социально-экономические вызовы последних лет делают все более очевидной постановку перед органами власти задачи осуществления социально-экономических и экологических проектов не в границах отдельных субъектов РФ, а на надрегиональном уровне.

Подобный подход позволил бы оперировать крупными районами, обладающими полным спектром ресурсов и потенциалом для решения социально-экономических проблем. Этот вопрос особенно значим для инновационного развития регионов. Полноценный инновационный цикл предполагает законченную цепочку: от генерации знаний до выпуска инновационной продукции. Немногие российские регионы способны осуществлять подобный цикл в минимально значимых величинах. Региональные границы и общая ориентация развития инфраструктуры в границах субъекта РФ препятствуют перетоку знания, распространению инноваций. Российская специфика, связанная с низкой плотностью населения и хозяйственной деятельностью, провоцирует своеобразное от-



граничение (автаркичность) инновационной деятельности. В этой ситуации актуально уточнить критерии региональной инновационной системы, выявить пространственные контуры реальных региональных инновационных систем.

Постановка проблемы. В современной экономической литературе активно обсуждаются свойства региональных инновационных систем (РИС), условия наиболее эффективного в их рамках взаимодействия акторов, степень развитости институтов и бизнес-инфраструктуры. При этом территориальный аспект, т. е. объект, к которому собственно применяется понятие РИС, часто остается за пределами дискуссии. В целом многообразие трактовок данного термина ведет к несколько размытому его пониманию. Не касаясь всего множества составляющих данного понятия, выделим из них одну – пространственную. Отметим, что в большинстве определений (см., например, [1]) пространственная компонента не обозначена. Тем не менее во многих исследованиях априори РИС понимается как инновационная система в пределах территории субъекта РФ.

И. Д. Бунимович отмечает, что «целью региональной инновационной системы в отличие от экономической организации является не получение прибыли, а институциональное обеспечение ряда этапов жизненного цикла инновации» [2, с. 19]. Это предполагает, что на территории региона-субъекта РФ присутствуют все необходимые институты инновационного цикла. Считаем также необходимым учет таких условий, как самодостаточность РИС и ее величина.

Самодостаточность понимается как способность системы осуществлять всю цепочку инновационного процесса: от генерации знаний до получения готовой продукции, т. е. предполагает наличие в регионе подсистем наука – инновации – промышленность. Безусловно, самодостаточность не означает закрытость. По мнению некоторых авторов, главной особенностью региональных инновационных систем является сочетание использования собственных региональных и экзогенных знаний [3, с. 27].

В целом предполагается, что географическая близость (*proximity*) способствует процессу взаимодействия между фирмами, ними и научными учреждениями, а также перетоку знания (*knowledge spillover*) [4, 5, 6].

Несмотря на современное представление о глобализированном мире, некоторые исследования ставят под сомнение неограниченное распространение информации. Так, например, Б. Милар (Milard) обнаружила, что только 25% цитирований приходится на авторов, которые незнакомы цитирующим (по крайней мере, в исследованиях в области химии) [7]. Это означает, что социальные сети вносят свой – и весьма существенный – вклад в распространение научного знания. Р. Морено (Moreno) с соавторами выявил предел распространения знаний – 150–200 км [8].

Многие авторы согласны в том, что удаленность (как антагонистическое близости понятие) деструктивно сказывается на процессе распространения знаний и инноваций. Резюмируя, подчеркнем, что национальная инновационная система должна строиться как полицентричная даже в современном мире сетевого взаимодействия.

Другой важный критерий РИС – это ее величина и внутреннее разнообразие. Очевидно, что относительно небольшие регионы не способны концентрировать на своей территории достаточное число акторов инновационного взаимодействия для развития ряда эффектов, в том числе мультипликативного и синергетического, перетока знания (т. н. спилловер-эффекта). В результате по эффективности они будут проигрывать более крупным регионам и все больше отставать от них.

Известна теза П. Кругмана (Krugman) о региональном эффекте масштаба: фирмы в своем размещении ориентируются на относительно более крупные региональные рынки с высоким разнообразием компаний [9], что ведет к повышенной концентрации компаний в отдельных, самых крупных регионах. Приоритет среди крупных регионов получают те, в которых есть города с более чем миллионным населением. В результате регионы с меньшей численностью населения все больше уступают своим крупным соседям.

В целом полагаем, что РИС должна удовлетворять ряду условий для того, чтобы обеспечивать расширенное воспроизводство инноваций. Часть из этих условий будет обсуждаться ниже.

РИС является следующим таксоном после национальной инновационной системы (НИС). Таким образом, НИС можно рассматривать как сумму РИС. Отсюда возникает задача выделения в пределах территории страны РИС, т. е. по сути речь идет об инновационном районировании страны, в результате которого выделяются пространственные контуры РИС. С определенными оговорками можно считать, что РИС является подсистемой социально-экономического района, которую, как и прочие пространственные его подсистемы, можно представить в виде линейно-узловых образований [10].

Таким образом, в нашем представлении РИС не всегда тождественна региону-субъекту РФ в своих территориальных рамках и представляет собой пространственную систему, в рамках которой возможно комплексное (полное) осуществление инновационного процесса. При этом система оказывается способной к расширенному воспроизводству инноваций. В российских условиях целесообразно выделять надрегиональные инновационные системы (которые также допустимо называть РИС).

С этих позиций интересно рассмотреть, способны ли выделяемые в «Стратегии пространственного развития РФ до 2025 года» [11] макрорегионы стать полноценными РИС. Заметим, что принципы выделения макрорегионов



и сам их состав вызвали у ряда географов и экономистов обоснованные вопросы. Мы полагаем, что в логике «Стратегии...» макрорегион является относительно самодостаточным образованием, обладающим потенциалом для поддержания расширенного воспроизводства экономических, инновационных и прочих составляющих. Для этого в его составе должны присутствовать субъекты РФ, обладающие компетенциями как в научной деятельности, так и в производственной (выпуск собственно инновационной продукции). При этом их вклад в экономику страны должен быть существенным.

Целью данной статьи является определение самодостаточности и устойчивости инновационной составляющей субъектов РФ, а также описание пространственных контуров существующих/потенциальных РИС.

Задачи:

1) обосновать необходимость формирования надрегиональных инновационных систем для России;

2) провести оценку российских регионов по ряду инновационных показателей и выявить регионы, удовлетворяющие условию полноценного инновационного процесса;

3) выявить пространственные контуры надрегиональных инновационных систем с учетом сетки макрорегионов.

Материалы и методы. Мы исходили из следующих предпосылок. Во-первых, в макрорегионе должен существовать значимый центр генерации знаний. Для его выявления используется величина затрат на НИОКР. Причем нужно понимать, что высокая концентрация таких затрат предпочтительна в одном регионе при общем ее небольшом значении. Во-вторых, макрорегион должен выпускать инновационную продукцию в существенных объемах.

Для этих целей важно установить некоторые предельные (пороговые) значения, важные для отметки абсолютных границ отчета. Можно провести группировку российских регионов по тем или иным показателям относительно среднего по стране значения (как это делается в подавляющем большинстве подобного рода исследований). Но в этом будет немного смысла, если указать на то, что даже лучшие по данной группировке регионы не способны к расширенному воспроизводству определенного экономического или социально-демографического компонента. Предельные значения, полученные эмпирически или расчетным путем, позволяют ставить обоснованные цели развития или констатировать его невозможность в выбранном направлении исходя из наличествующего потенциала.

Наиболее известной работой по предельным значениям является статья С. Ю. Глазьева и В. В. Локосова. Они рассматривают несколько десятков показателей и констатируют, что значения большинства из них лежат ниже пороговой

черты. В результате авторы делают ожидаемый вывод: российская экономика уже длительное время функционирует в режиме суженного воспроизводства [12, с. 594].

Мы полагаем, что выделение пороговых значений одинаково мало применимо к стране в целом и регионам в частности. Наилучшим объектом приложения данного подхода будут крупные социально-экономические районы – надрегиональные образования, включающие несколько регионов (5–12). В их рамках и будут формироваться надрегиональные инновационные системы. В настоящей статье на роль подобных районов претендуют макрорегионы.

По двум важнейшим показателям, характеризующим инвестиционный процесс, – величина затрат на НИОКР и стоимость инновационной продукции – были выделены те регионы, которые могут стать ядрами надрегиональных инновационных систем. Затем данные ядра соотносились по карте с границами макрорегионов.

В отличие от анализа предельных значений на страновом уровне на региональном уровне следует учитывать также абсолютные и относительные значения показателей. Это связано с тем, что даже если в каком-то регионе мы наблюдаем сравнительно высокую долю, например, инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции, в абсолютных величинах она может быть малозначимой в масштабах страны.

Результаты и их обсуждение. Доля расходов на НИОКР в ВРП – один из важнейших критериев определения уровня развития науки в регионе. Несмотря на то что в шести российских регионах данная доля выше 2% (табл. 1), для страны в целом это означает критически низкую величину.

Таблица 1

Доля расходов на НИОКР в ВРП, 2017

Субъект РФ	%
Нижегородская область	5,10
Ульяновская область	3,27
г. Санкт-Петербург	2,96
Московская область	2,96
Томская область	2,62
г. Москва	2,13

Примечание. Составлено и рассчитано автором по данным Росстата.

Относительные значения важно сопоставлять с абсолютными затратами: высокий показатель затрат может привести к неверной интерпретации при малой величине ВРП, но означает нехватку критической массы для генерации инноваций.

В целом только в трех регионах затраты на НИОКР превышают 100 млрд рублей. Фактически это означает существование бицентричной конфигурации национальной инновационной системы в



России с московским и петербургским центрами. Тем не менее прочие регионы (см. табл. 1) можно считать потенциальными центрами.

В качестве вспомогательных показателей для сравнения макрорегионов по их прикладной научной деятельности воспользуемся данными о количестве разработанных технологий и выданных патентов. Их сопоставление по макрорегионам позволяет выявить отставание Северного и, в меньшей степени, Северо-Кавказского, Ангаро-Енисейского и Дальневосточного макрорегионов (табл. 2). В сторону этих макрорегионов будет направлен перелив знания.

Таблица 2

Количество разработанных технологий и выданных патентов на изобретения по макрорегионам РФ, 2017 г.

Макрорегион	Технологии	Патенты
Центральный	616	8887
Центрально-Черноземный	70	1011
Северо-Западный	187	1829
Северный	18	96
Северо-Кавказский	23	471
Волго-Камский	158	1823
Волго-Уральский	68	1746
Южный	79	1657
Урало-Сибирский	236	1064
Южно-Сибирский	63	1370
Ангаро-Енисейский	56	490
Дальневосточный	33	591

Примечание. Составлено и рассчитано автором по данным Росстата.

Дискуссию о локализации научной активности более целесообразно вести по городам, а не по регионам в целом. Наукограды, крупные города, в которых представлены отраслевые академические центры и университеты, играют большую роль в региональной генерации знаний. Например, В. Л. Бабурин и С. П. Земцов на основе патентной активности выявили четыре устойчивых креативных ядра в пределах России: Москва, Санкт-Петербург, Томск и Новосибирск [13, с. 28].

Следует учитывать, что генерация научного знания – начальный этап инновационного цикла. Только являясь востребованными в производстве инновационной продукции, технологии и разработки действительно вносят вклад в развитие экономики регионов и страны.

Выпуск инновационной продукции существенно различается по регионам (рис. 1). Здесь выделяются по относительным значениям показателей Республика Мордовия и Хабаровский край, где доля инновационной продукции больше одной пятой, а по абсолютному выражению Республика Татарстан, опередившая и Московскую область, и столицы. В целом просматривается прямая зависимость доли инновационной продукции от величины экономики региона. Не наберется и

десять регионов, в которых доля инновационной продукции оказывается более 15% от общей отгруженной продукции – предельно критическое значение, по В. В. Локосову и С. Ю. Глазьеву.

Фактически в стране только один регион отвечает двум условиям расширенного инновационного воспроизводства – Московская область. Понятно, однако, что последняя в инновационном отношении связана с Москвой и ее высокие показатели обусловлены близостью к столице.

Картосхема (рис. 2) позволяет перейти от межрегионального сопоставления к анализу территориального соседства регионов – научных и инновационных лидеров в пределах макрорегионов. По величине затрат на НИОКР и по производству инновационной продукции отчетливо выделяется несколько ядер. Однако сочетание высокой научной и инновационной активности наблюдается не в каждом макрорегионе. Обращает на себя внимание удаленность регионов с высокими рассматриваемыми показателями. Отмечается наличие внутренней инновационной периферии в европейской части страны, в частности в пределах Нижнего Поволжья. Здесь некоторые регионы с крупнейшими городами и городами людностью более миллиона не могут реализовать потенциал, обусловленный концентрацией инновационных ресурсов.

Исходя из проведенного анализа можно предложить два варианта оптимизации. Во-первых, можно объединить некоторые макрорегионы (Северный с Северо-Западным и Южно-Сибирский с Ангаро-Енисейским), однако в действительности этот вариант неэффективен, поскольку расстояния в таких огромных регионах будут существенным затруднением для перетока знания и диффузии инноваций. Альтернативой является ориентация на усиление значимости научных и инновационных центров в пределах ряда макрорегионов (в том числе Южного, Волго-Уральского и Дальневосточного), тем более что кадровый потенциал для развития сферы НИОКР в них присутствует. Это позволит усилить потенциальный (несформированный) инновационный каркас страны, ядра которого просматриваются от Санкт-Петербурга до Урала. Его формирование позволит повысить целостность НИС, ее функцию по распространению знаний и инноваций.

Выводы. Процессы организации инновационного пространства России находятся в начальном состоянии. Необходимо развернутое обсуждение перспектив макрорегионов как инновационных систем переходного (между мезо- и макро-) уровня.

В данном исследовании на основе двух показателей были выделены регионы, чьи значения достаточны для расширенного инновационного процесса (без учета прочих критериев). Только Московская область практически удовлетворяет этим требованиям, что, очевидно, недостаточно для инновационного развития страны.

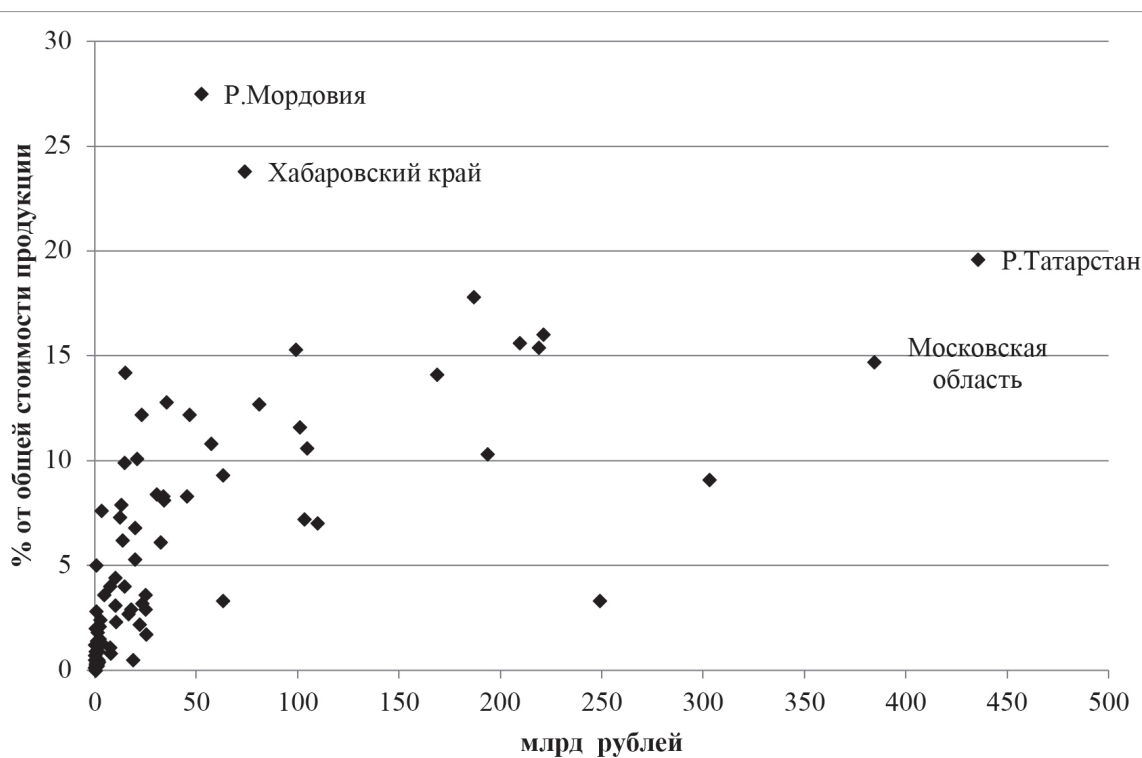


Рис. 1. Выпуск инновационной продукции по регионам России и ее доля в общем объеме отгруженной продукции, 2017 г. (составлено и рассчитано автором по данным Росстата)

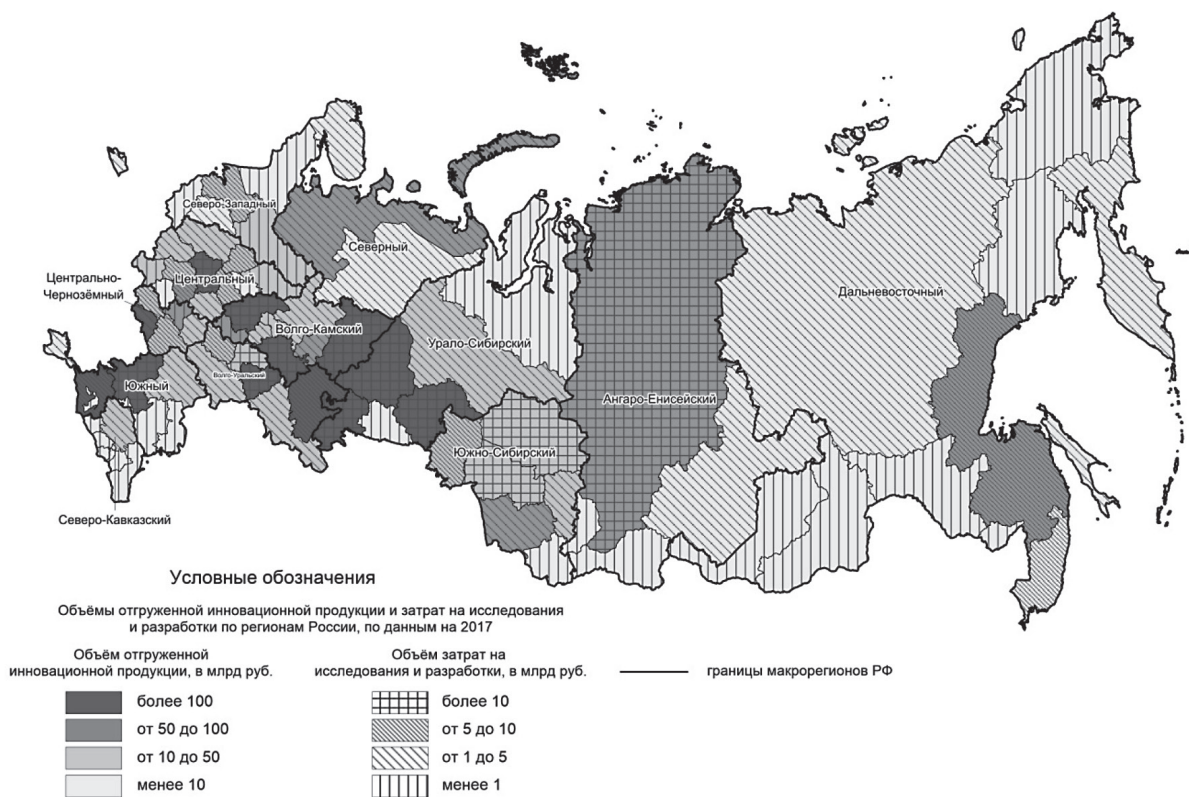


Рис. 2. Объем затрат на исследования и разработки инновационной продукции в пределах макрорегионов России, 2017 г. (составлено и рассчитано автором по данным Росстата)



Только в некоторых макрорегионах присутствуют субъекты РФ с высоким научным и инновационным потенциалом. Полученные результаты позволяют контурно выделить только 4–5 потенциальных центров надрегиональных инновационных систем. При этом исходя из теоретических предпосылок пространственных пределов распространения знания для такой обширной страны, как Россия необходимо формирование не менее 10 подобных надрегиональных инновационных систем. В противном случае они будут иметь тенденцию к замыканию в своих пределах и внесут свой вклад в поляризацию социально-экономического пространства России.

Таким образом, показано несоответствие состава макрорегионов их возможной функции инновационных систем надрегионального уровня.

Дальнейшее исследование перспективно с позиции выделения надрегиональных инновационных систем «снизу», т. е. проведения районирования инновационного пространства страны, в частности, с расширением круга показателей, характеризующих научную и инновационную деятельность.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-18-00199).

Библиографический список

1. Суханова П. А. Модель региональной инновационной системы: отечественные и зарубежные подходы к изучению региональных инновационных систем // Вестник Пермского университета. Сер. Экономика. 2015. № 4, вып. 27. С. 96.
2. Бунимович И. Д. Подход к разработке стратегии развития региональной инновационной системы на основе системы сбалансированных показателей // Управление устойчивым развитием. 2016. № 3 (04). С. 18–24.
3. Страновые особенности формирования национальных инновационных систем (НИС) в условиях нарастания неопределенности мировой экономики (на примере КНР, Республики Корея, ЮАР, России) / под общ. ред. Н. П. Гусакова. М. : Экон-Информ, 2019. 307 с.
4. Rallet A., Torre A. Which need for geographical proximity in innovation networks at the era of global economy? // GeoJournal. 1999. № 49. P. 373–380.
5. Bottazzi L., Peri G. Innovation and spillovers in regions: evidence from European patent data // Eur. Econ. Rev. 2003. № 47. P. 687–710.
6. Maskell P., Malmberg A. Localised learning and industrial competitiveness // Cambridge J. Econ. 1999. № 23. P. 167–185.
7. Milard B. The Social Circles Behind Scientific References: Relationships Between Citing and Cited Authors in Chemistry Publications // J. of the Association for Information Science and Technology. Association for Information Science & Technology. 2014. Vol. 65, № 12. P. 2459–2468.
8. Moreno R., Paci R., Usai S. Spatial Spillovers and innovation activity in European Regions // Environment and Planning A: Economy and Space. 2005. Vol. 37. P. 1793–1812.
9. Krugman P. Urban Concentration: The Role of Increasing Returns and Transport Costs // International Regional Science Review. 1996. № 19. P. 5–30.
10. Преображенский Ю. В. Районирование Урало-Поволжья для целей пространственного планирования // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 2. С. 97–103.
11. Стратегия пространственного развития РФ на период до 2025 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/UVA1qUfT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf> (дата обращения: 10.01.2019).
12. Глазьев С. Ю., Локосов В. В. Оценка предельно критических значений показателей состояния российского общества и их использование в управлении социально-экономическим развитием // Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82, № 7. С. 587–614.
13. Бабурин В. Л., Земцов С. П. География инновационных процессов в России // Вестник Московского университета. Сер. 5, География. 2013. № 5. С. 25–32.

Образец для цитирования:

Преображенский Ю. В. Макрорегионы как надрегиональные инновационные системы: проблема перетока знания // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 17–22. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-17-22>

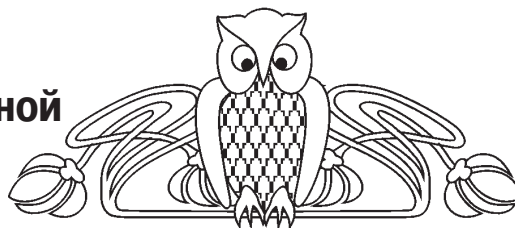
Cite this article as:

Preobrazhenskiy Yu. V. Macroregions as Supra-Regional Innovation Systems: The Problem of Knowledge Spillover. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 17–22 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-17-22>



УДК [551.586:633.112.1](470.44)

Корреляционная связь белковости яровой пшеницы со средней месячной температурой воздуха июня по станции «Саратов Юго-Восток»



С. И. Пряхина, Е. И. Ормели

Пряхина Софья Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, psi267269@yandex.ru

Ормели Екатерина Ивановна, ассистент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, meteokatenok@mail.ru

В работе представлен прогноз качества зерна яровой пшеницы, полученный на основе корреляционной связи белковости зерна со средней месячной температурой воздуха июня. Коэффициент корреляции найденной зависимости составил 0,75; оправданность уравнения 94%. Статистическая значимость модели подтверждена с помощью критериев Стьюдента, Колмогорова–Смирнова и анализа остаточных отклонений.

Ключевые слова: корреляционная связь, прогноз качества зерна, средняя месячная температура воздуха, станция «Саратов Юго-Восток».

Correlation Relationship between the Protein Content of Spring Wheat and the Average Monthly Air Temperature in June at the Station «Saratov South-East»

S. I. Pryakhina, E. I. Ormeli

Sofya I. Pryakhina, <http://orcid.org/0000-0002-7226-6129>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, psi267269@yandex.ru

Ekaterina I. Ormeli, <http://orcid.org/0000-0002-0486-4047>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, meteokatenok@mail.ru

The article presents a forecast of grain quality of spring wheat, obtained on the basis of the correlation of grain protein content with the average monthly air temperature in June. The correlation coefficient of the found dependence was 0.75, the equation justification was 94%. The statistical significance of the model is confirmed using Student's criterion, the analysis of residual deviations and using the Kolmogorov-Smirnov criterion.

Keywords: correlation relationship, grain quality forecast, average monthly air temperature, station «Saratov South-East».

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-23-26>

Введение

При возделывании зерновых культур большое внимание уделяется не только увеличению количества получаемого зерна, но и повышению его качества.

Качество зерна пшеницы, как и другой сельскохозяйственной продукции, во многом зависит от почвенно-климатических условий района ее возделывания. Известно, что с увеличением засушливости климата улучшаются мукомольно-хлебопекарные свойства зерна, повышается содержание в нем белка. Пшеничное зерно, выращенное в засушливых районах, всегда высоко ценится на международном рынке.

Прогноз качества зерна нового урожая, составленный с достаточной заблаговременностью, имеет важное значение для организации заготовки зерновых культур [1, 2].

Корреляционная зависимость белковости яровой пшеницы от средней месячной температуры воздуха в июне

Фактического материала об изменчивости химического состава зерна в зависимости от климатических условий накопилось много. Однако количественных зависимостей, позволяющих рассчитать ожидаемое качество зерна пшеницы, мало. Этот вопрос требует разработки.

Большой практический интерес представляют оценка биохимического потенциала климата Саратовской области и прогноз качества зерна яровой пшеницы с месячной заблаговременностью.

Как показали проведенные расчеты, в Саратовской области наблюдается тесная корреляционная связь белковости зерна с температурой июня (таблица) [3].

Корреляционная диаграмма для средней температуры июня (°С) и содержания белка в яровой пшенице (%) в 1978–1995 гг. приведена на рис. 1.

По этим данным была построена модель линейной регрессии, имеющая вид

$$y = ax + b, \quad (1)$$

где x – средняя температура июня, °С, а y – содержание белка в яровой пшенице, %. Параметры модели a и b были найдены методом наименьших квадратов:

$$\Delta y_1 = y_1 - ax_1 - b, \quad (2)$$

где x_i и y_i – значения переменных, $i = 1, 2, \dots, n$, а $n = 18$ – объем выборки. Параметры модели линейной регрессии (1) найдены с использованием метода наименьших квадратов и оказались равными

$$a = 0,46 \pm 0,10,$$

$$b = 4,9 \pm 2,0.$$



**Средняя месячная температура июня и белковость зерна яровой пшеницы,
станция «Саратов Юго-Восток», 1978–1995 гг.**

Год	Средняя месячная температура воздуха июня, °С	Фактическая белковость яровой пшеницы Саратовская-58, %	Прогностическая белковость, %	Отклонения
1978	16,0	12,7	12,3	-0,4
1979	19,2	12,4	13,7	+1,3
1980	19,3	14,1	13,8	-0,3
1981	22,5	15,7	15,9	+0,2
1982	16,0	13,0	12,3	-0,7
1983	17,4	13,4	12,9	-0,5
1984	20,4	15,8	14,3	-1,5
1985	19,1	13,8	13,7	-0,1
1986	21,6	13,4	14,8	+1,4
1987	22,2	16,2	15,1	-1,1
1988	22,8	16,0	15,4	-0,6
1989	22,1	13,0	15,1	+2,1
1990	16,9	11,3	12,7	+1,4
1991	22,5	14,4	15,2	+0,8
1992	20,1	14,8	14,2	-0,6
1993	17,8	12,9	13,1	+0,2
1994	17,6	13,2	13,0	-0,2
1995	23,8	16,9	15,8	-1,1
Сумма	357,3	253,0	-	-
Среднее	19,8	14,1	14,1	±0,8

Построенная с этими параметрами регрессия показана сплошной линией на рис. 1.

Первостепенную важность имеет вопрос о статистической значимости найденной модели. Для ответа на этот вопрос был использован критерий Стьюдента. В качестве проверяемого утверждения в данном случае выдвигается гипотеза об отсутствии связи между переменными x и y . Это, в свою очередь, требует, чтобы среднее значение выборочной оценки углового коэффициента в выражении (2) равнялось нулю. При этом случайная величина

$$t_k = \frac{a}{S_a} \quad (3)$$

будет иметь распределение Стьюдента с числом степеней свободы $k = n - 2$. Для обычно используемого уровня значимости $\alpha = 0,05$ и имеющегося числа степеней свободы $k = 16$ критическое значение критерия равно $t_{cr} = 2,12$, в то время как подстановка в выражение (3) найденных значений a и S_a дает $t_k = 4,60$. Поскольку $t_k > t_{cr}$, то гипотеза об отсутствии связи между переменными x и y отвергается с вероятностью 0,95 и мы можем использовать альтернативную гипотезу о наличии линейной связи.

Еще одним путем оценки качества нашей модели является анализ остаточных отклонений Δy_i (2). Так как на эти отклонения может влиять

много факторов, включая погрешности измерения, то для их распределения естественно ожидать близость к нормальному распределению. При использовании статистических компьютерных программ из библиотеки NAG (Numerical Analysis Group) были получены оценки основных характеристик распределения остаточных отклонений: среднее значение $0,00 \pm 0,24$ (%), среднеквадратичное отклонение $1,01 \pm 0,17$ (%), асимметрия $-0,65 \pm 0,49$ и эксцесс $-0,80 \pm 0,77$. Для выяснения характера распределения был построен полигон выборочных частот, показанный на рис. 2 и являющийся оценкой плотности вероятности случайной величины. Число градаций m выбиралось с использованием часто применяемого в метеорологии эмпирического соотношения $m = 5 \lg(n)$.

Необходимо отметить, что небольшой объем выборки приводит к заметным погрешностям в оценках характеристик распределения и выборочных частот. Тем не менее в пределах оцененных погрешностей асимметрия и эксцесс допускают нулевые значения, присущие нормальному распределению.

Для более детального анализа возможности совпадения распределения остаточных отклонений Δy_i с нормальным был использован критерий Колмогорова – Смирнова. При этом модуль максимального отклонения эмпирического распределения от теоретического оказался

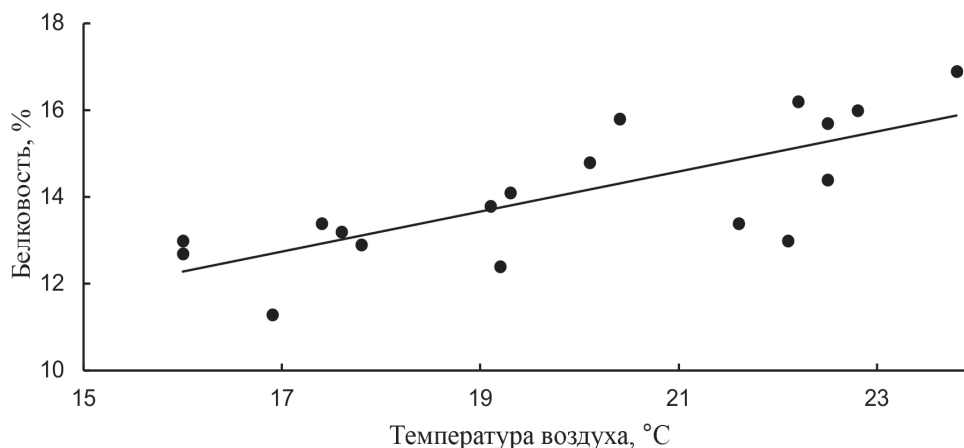


Рис. 1. Корреляционная зависимость белковости яровой пшеницы от средней месячной температуры воздуха в июне

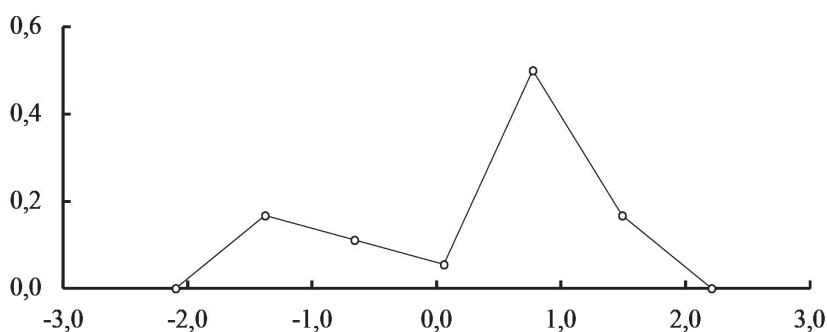


Рис. 2. Полигон выборочных частот для оценки плотности вероятности значений

равным $D = 0,202$, а значение параметра Колмогорова $-\lambda = D\sqrt{n} = 0,857$. Для уровня значимости $\alpha = 0,05$ критическое значение параметра равно $\lambda_{cr} = 1,182$. Поскольку $\lambda < \lambda_{cr}$, гипотеза о согласии распределения остаточных отклонений Δu_i с нормальным, имеющим математическое ожидание $0,00\%$ и среднее квадратичное отклонение $1,01\%$, не может быть отвергнута.

Таким образом, несмотря на небольшой объем выборки, все статистические тесты свидетельствуют об адекватности модели (1) с оцененными значениями параметров a и b для описания связи содержания белка в яровой пшенице со средней температурой июня.

Только в одном случае (1989 г.) (см. таблицу) имеется грубое расхождение прогностического и фактического значений белковости, во всех остальных случаях расхождение практически не выходит за пределы средней квадратической ошибки (СКО).

Выводы

Оправдываемость найденного уравнения регрессии (1) составляет 94%. Достаточно высокая корреляционная связь между белковостью

зерна и средней месячной температурой июня объясняется тем, что в Саратовской области в этом месяце белковые вещества перераспределяются из листьев и стеблей в зерновку, а термический режим оказывает большое влияние на такое перераспределение. Чем выше температура воздуха в июне, тем благоприятнее условия для формирования зерна с высоким содержанием в нем белка. При выборе этого показателя авторы исходили из двух основных предпосылок: показатель должен легко рассчитываться по материалам стандартных наблюдений и, вместе с тем, быть высокоинформативным. Средняя месячная температура июня отвечает данным требованиям: она рассчитывается на всех метеорологических станциях.

Найденная формула проста и может быть составлена для любой станции нашего региона. Как видно из таблицы, высокобелковая яровая пшеница (с содержанием белка более 14%) на полях Саратовской области формируется в те годы, когда температура июня выше $19,5^\circ\text{C}$.

Библиографический список

1. Дегтярева Г. В. Погода, урожай и качество зерна яровой пшеницы. Л. : Гидрометеиздат, 1981. 216 с.



2. Дороганевская Е. А. Зависимость белковости зерна пшеницы от условий погоды // Доклад фенологической комиссии. Л. : Гидрометеоиздат, 1966. Вып. 3. С. 10–15.

3. Пряхина С. И., Ормели Е. И. Районирование Саратовской области по условиям формирования белковости яровой пшеницы // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 24–29.

Образец для цитирования:

Пряхина С. И., Ормели Е. И. Корреляционная связь белковости яровой пшеницы со средней месячной температурой воздуха июня по станции «Саратов Юго-Восток» // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 23–26. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-23-26>

Cite this article as:

Pryakhina S. I., Ormeli E. I. Correlation Relationship between the Protein Content of Spring Wheat and the Average Monthly Air Temperature in June at the Station «Saratov South-East». *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 23–26 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-23-26>



УДК 504.064

К вопросу оценки качества зеленых насаждений для комфортной городской среды (на примере пешеходной зоны «улица Рахова» г. Саратова)



А. Ю. Романова, О. А. Цоберг

Романова Анастасия Юрьевна, магистрант, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, nastenka1401@yandex.ru

Цоберг Ольга Алексеевна, кандидат социологических наук, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, olga.tsoberg@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы создания комфортной городской среды центральной части города Саратова. Приводятся данные по сокращению площади зеленых насаждений, результаты оценки загрязнения воздуха от транспортных средств на фоне неблагоприятного рельефа. Установлено, что показатели комплексного загрязнения окружающей среды пешеходной зоны «улица Рахова» имеют тенденцию к повышению после ее реконструкции. **Ключевые слова:** город, пешеходная зона, зеленые насаждения, транспорт, загрязнение окружающей среды, стандарт.

On the Question of Assessing the Quality of Green Plants for a Comfortable City Environment (on the Example of the Pedestrian Zone «Rakhov Street», Saratov)

A. Yu. Romanova, O. A. Tsoberg

Anastasia Yu. Romanova, <https://orcid.org/0000-0003-2788-3387>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, nastenka1401@yandex.ru

Olga A. Tsoberg, <https://orcid.org/0000-0002-0356-7040>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, olga.tsoberg@yandex.ru

The article discusses the creation of a comfortable urban environment in the central part of the city of Saratov. The data on reducing the area of green spaces, the results of the assessment of air pollution from vehicles against the backdrop of an unfavorable terrain are presented. It is established that the indicators of complex environmental pollution of the pedestrian zone of Rakhov Street have a tendency to increase after its reconstruction.

Keywords: city, pedestrian zone, green spaces, transport, environmental pollution, standard.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-27-35>

Введение

В современных условиях актуальной становится задача улучшения комплексного развития российских территорий, особенно в городской местности, и снижения рисков, несущих в себе признаки экологического неблагополучия, явля-

ющихся основой любого экологического кризиса разного масштаба. Безусловно, большое внимание следует уделить комфортному существованию человека в городской среде. Однако создание такой среды часто происходит без учета научных подходов к организации зеленых зон в городе, которые являются приоритетными для нормального жизнеобеспечения общества. Поэтому российским правительством поставлен вопрос о разработке стандарта комплексного развития территорий.

Стандарт комплексного развития территорий – стратегический документ, задача которого – сформировать комплексный подход к развитию комфортной городской среды. Свод правил будет направлен на эффективное использование земельных ресурсов внутри городов и станет методическим руководством при разработке и реализации механизмов жилищного строительства. Разработкой стандарта занимаются Минстрой, ДОМ.РФ и КБ «Стрелка», которая реализовала свой проект по благоустройству отдельных территорий в г. Саратове в 2017–2018 гг. [1].

Внедрение разрабатываемого стандарта в г. Саратове может сопровождаться определенными противоречиями, возникшими в результате предыдущей деятельности органов региональной и местной власти.

На наш взгляд, формирование системы зеленых насаждений в городе должно стать одним из основных положений стандарта. Оно зависит от соотношения застроенных и открытых городских пространств, удельного веса существующих насаждений, их места и качества в планировочной структуре города. Важны также дробность и величина отдельных озелененных участков, их функциональная роль, ландшафтные особенности, транспортная и пешеходная доступность.

Взаимосвязь загородных и городских зеленых массивов осуществляется за счет непрерывной цепи бульваров, скверов, аллей, насаждений вдоль магистралей и городских дорог, специальных санитарно-защитных, водоохранных и ветрозащитных полос. Зеленые полосы и клинья расчлениают городскую застройку и связывают центральные городские районы с зеленым поясом города.

Система зеленых насаждений должна учитывать особенности состояния окружающей среды в городе, а также прогнозировать ее изменение в результате его развития для того, чтобы эффективно выполнять оздоровительные функции и



создавать соответствующие условия для выращивания растений.

Элементами системы озеленения являются парки, скверы, бульвары, уличные посадки, сады, защитные насаждения и особо охраняемые природные территории.

Наиболее значимая проблема связана с проектированием и состоянием зеленых зон в центральной части Саратова.

При проектировании объектов зеленого строительства пользуются нормами озеленения, изменяющимися в зависимости от размера города и климатических условий. Всемирной организацией здравоохранения установлена норма озеленения, равная 50 м^2 городских зеленых насаждений на одного жителя. В России эти нормы определяются сводом строительных норм и правил (СНиП 2.07.01-89), согласно которому в крупном городе территории общего пользования должны включать общегородские озелененные территории из расчета $10 \text{ м}^2/\text{чел.}$ и жилые районы – $6 \text{ м}^2/\text{чел.}$ [2].

Однако во многих городах России эти правила нарушаются. В г. Саратове насчитывается около $1093,0$ га насаждений общего пользования, или 13 м^2 на одного жителя при норме не менее $18,0 \text{ м}^2$, что составляет 72% от нормы [3]. При этом общая площадь общедоступных зеленых территорий составляет $624,4$ га, что обеспечивает $7,3 \text{ м}^2$ на одного жителя городского округа. Если анализировать положение по районам, то в Волжском на одного жителя приходится $15,6 \text{ м}^2$, в Октябрьском – $2,3 \text{ м}^2$, в Кировском – $1,4 \text{ м}^2$, в Заводском и Ленинском – $1,3 \text{ м}^2$ и во Фрунзенском – $0,3 \text{ м}^2$ [4].

Тенденция сокращения количества зеленых насаждений вызвана рядом факторов, среди которых стержневым является социально-экономический. Практически повсеместно спил зеленых насаждений происходит для расчистки территории под торговые, жилые, офисные сооружения, автостоянки и дороги, детские площадки. При этом возмещение утраты растительности производится в меньших объемах либо вообще не осуществляется. Особенно это прослеживается в центральных районах города.

На основе карты-плана г. Саратова 1993 г. и карты-схемы 2017 г. А. В. Анисимовой были выделены площади сокращения зеленых насаждений на улицах Астраханской и Рахова между улицами Московская и им. Академика Н. И. Вавилова, а также в сквере им. Братьев Никитиных [5]. Изъятые площади были рассчитаны по программе «SAS. Планета» с помощью выделения полигонов. По результатам расчетов было выявлено, что площадь зеленых насаждений на рассматриваемых участках была уменьшена: на ул. Астраханской было изъято $3061,21 \text{ м}^2$, на ул. Рахова – $537,15 \text{ м}^2$, а в сквере им. Братьев Никитиных – $420,45 \text{ м}^2$.

Сокращение площади бульвара на ул. Астраханской вызвано строительством сооружений и дороги по ул. Б. Казачья. В данный момент в

зданиях по адресу ул. Московская, 153в располагаются салон связи «Евросеть», продуктовый магазин «Штофф», кофейня «Coffe House». В здании по адресу ул. Московская, 153б находится кафе «Бистро-тандыр». Из-за строительства данных зданий было изъято $2095,17 \text{ м}^2$, а из-за прокладки дороги по ул. Б. Казачья – $966,04 \text{ м}^2$.

На ул. Рахова зеленые насаждения на рассматриваемом участке сократились на $537,15 \text{ м}^2$ из-за строительства общественных сооружений. Под строительство сооружений, прилегающих к ул. Б. Казачья, было выделено $358,97 \text{ м}^2$ из территории бульвара. На данный момент в здании по адресу ул. Б. Казачья, 75б располагается магазин «Bier Fest», а в здании по адресу ул. Б. Казачья, 75а – пекарня «Хлебница». Еще одно общественное здание – кафе «MUT BOS» – по адресу площадь Кирова, 4 стало итогом сокращения площади сквера им. Братьев Никитиных.

Территория бульвара сократилась также со стороны ул. Вавилова в результате строительства двух зданий: по адресу ул. им. Академика Н. И. Вавилова, 6/14б размещена микрофинансовая организация «Деньги сразу», а в здании по адресу ул. им. Академика Н. И. Вавилова, 6/14а микрофинансовая организация «Экспресс деньги». Всего изъято $178,18 \text{ м}^2$.

К чему приводят сокращение площади зеленых насаждений, недоучет соответствующего природно-климатическим условиям видового состава зеленых насаждений, общей комфортной обстановки для человека, детально рассмотрим по итогам экологического анализа участка пешеходной зоны центральной части г. Саратова улицы Рахова. Данная пешеходная зона была реконструирована по проекту КБ «Стрелка».

Следует отметить, что **экологическая обстановка** в Саратове неблагоприятная: расположение в степной зоне детерминирует высокую запыленность города. По данным наблюдений за воздушным бассейном города, средняя пылевая нагрузка на один километр городской территории составляет не менее тонны в сутки, или 365 т в год. Уровень пылевой нагрузки в Саратове выше безопасной для здоровья горожан примерно в 1,6 раза [6]. Данный факт обусловлен прежде всего увеличением в последнее время количества автомобильного транспорта, а также значительными недостатками в развитии инфраструктуры города (особенно зеленых зон), расположении и эксплуатации промышленных объектов и их очистных сооружений, малой эффективностью природоохранных мероприятий. Ситуация осложняется орографическими (расположение в котловине) и климатическими особенностями города (повышенная повторяемость инверсий и слабый ветровой режим) [7].

На основе инструментальных наблюдений за количеством выхлопных газов на улицах Саратова была обнаружена корреляционная зависимость между интенсивностью транспортного потока



на дорогах и характером застройки (плотностью, этажностью), шириной проезжей части, профилем дороги, качеством дорожного покрытия и метеоусловиями (прежде всего, скоростью ветра). Известно, что при одинаковом автомобильном трафике на широких улицах города концентрация загрязняющих веществ будет в 2–3 раза ниже, чем в кварталах с плотной застройкой и узкими дорогами, где будут наблюдаться слабая проветриваемость улиц и низкая скорость движения автотранспорта. При этом следует учесть, что в утренний пик движения загазованность воздуха будет выше, чем в вечерний пик из-за более слабой турбулентности воздуха утром [8]. При этом официально повышение загазованности не наблюдается [9].

На ул. Рахова в период с 13 по 17 мая 2019 г. была проведена оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта по концентрации оксида углерода согласно методике, описанной А. И. Федоровой и А. Н. Никольской [10]. В результате исследования было выявлено, что максимальная концентрация оксида углерода наблюдается на пересечении ул. Рахова и ул. Рабочая ($35,57 \text{ мг/м}^3$) при максимально разовой ПДК выбросов автотранспорта окиси углерода, равной 5 мг/м^3 [11]. Это объясняется высокой интенсивностью движения автотранспорта по данному участку (1896 автом./час), а также большим количеством автомобилей типа «легкий грузовой» (60 автомобилей), коэффициент токсичности которых один из самых высоких ($KT=2,3$). На пересечении ул. Новоузенской и ул. 2-й Садовой с ул. Рахова показания концентрации окиси углерода наименьшие ($11,78 \text{ мг/м}^3$ и $7,2 \text{ мг/м}^3$ соответственно) ввиду низкого автомобильного трафика, отсутствия автобусов ($KT=3,7$) и легких грузовых автомобилей во время наблюдений. На всех рассмотренных пересечениях концентрация СО превышает установленный норматив: на пересечении с ул. Рабочей в 7,1 раза, ул. Белоглинской в 6,1 раз, ул. Советской в 5,2 раза, ул. Вавилова в 4,6 раза, ул. Новоузенской в 2,4 раза, ул. 2-й Садовой в 1,4 раза.

При разработке стандарта необходимо применять грамотный подход к планированию автомобильных дорог, а также к их реконструкции. Важно учитывать правильность размещения и регулировки светофоров, остановочных пунктов, чтобы в дальнейшем около них не создавалось большого скопления транспорта. Необходимо также переход на автомобили с экологически чистыми двигателями [12].

Экологические и биологические исследования показывают, что для сохранения оптимальных условий для жизнедеятельности человека необходимо поддерживать на высоком уровне жизнедеятельность растений, которые находятся на урбанизированных территориях. Известно, что площадь рекреационных зон города должна в 5–10 раз превышать размер селитебной зоны [13].

Поэтому должны быть разработаны специальные стандарты и нормы состояния растительного покрова, которые бы включали в себя оценку видового состава, устойчивости тех или иных видов к внешним воздействиям в условиях города [13]. Растительные сообщества используются в данном случае как индикаторы оценки качества природной среды в городах.

Оценка состояния зеленых насаждений.

Зеленые насаждения являются важнейшим компонентом городской среды и выполняют ряд функций: средообразующую, санитарно-гигиеническую, эстетическую.

Большую роль зеленые насаждения играют в архитектурно-художественном облике города. Они также оказывают благоприятное воздействие на микроклимат города, обогащают воздух кислородом, имеют шумозащитные свойства [14].

В условиях сложной экологической ситуации г. Саратова проблема озеленения стоит остро. Обновление древесных насаждений в городе проводится редко и низкими темпами. Было выявлено, что для эффективного воздействия зеленых насаждений на состояние городской среды необходимо, чтобы полосы древесно-кустарниковой растительности шириной 500–700 м распределялись в массиве застройки через каждые 2 км [15].

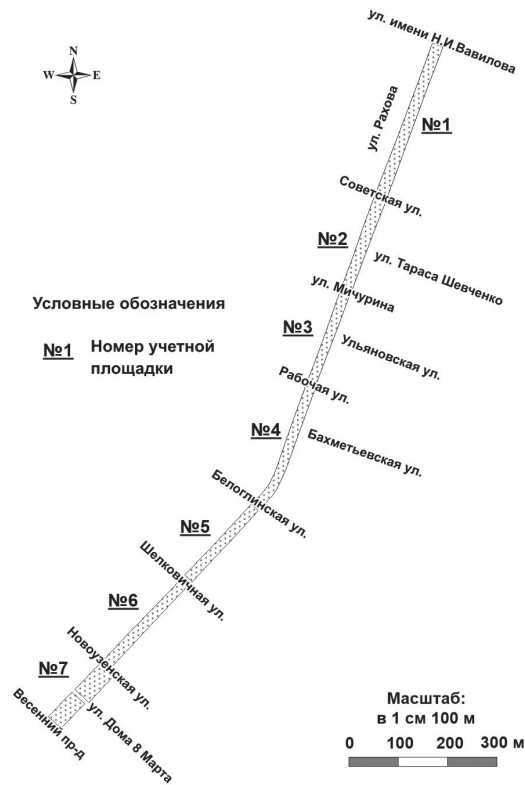
Важную роль при оценке комфортности городской среды играет как количество зеленых насаждений, так и их экологическое состояние. В процессе исследования была использована методика оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования на рассматриваемой территории, разработанная специалистами Санкт-Петербурга [16]. Следует отметить, что натурные измерения проводились в период и по итогам благоустройства территории под руководством КБ «Стрелка».

Пересчет зеленых насаждений общего пользования (ЗНОП) проводился с 4 по 10 июня 2018 г. на ул. Рахова (от ул. Вавилова до ул. Весенний пр-д). Дополнительное обследование осуществлялось в июле 2018 г. Для изучения зеленых насаждений бульвар был условно разбит на семь учетных площадок. Границами учетных площадок выступают ул. Вавилова, ул. Советская, ул. Мичурина, ул. Рабочая, ул. Белоглинская, ул. Шелковичная, ул. Новоузенская, ул. Весенний пр-д (рисунок).

На семи учетных площадках было обследовано 371 дерево, из них 365 лиственных и 6 хвойных.

Чаще всего встречаются тополь пирамидальный (41,2% от общего количества деревьев), липа сердцевидная (19,9%) и каштан конский (13,5%). Минимальное участие в формировании древесного яруса принимают клен ясенелистный, вяз гладкий, ель европейская, вяз шершавый, катальпа бигнониевидная. От 2,2 до 4,9% приходится на тополь раскидистый, клен остролистный, вяз приземистый, березу бородавчатую, ясень обыкновенный.

Наибольшее количество деревьев (121 экземпляр) произрастает на учетной площадке № 1, наи-



Расположение учетных площадок на ул. Рахова

меньшее – на учетной площадке № 2 (36 деревьев) и № 5 (35 деревьев). Древесная растительность на рассматриваемой территории представлена как местными видами (липа сердцелистная, вяз гладкий, береза бородавчатая, клен остролистный и др.) Саратовской области, так и интродуцентами (каштан конский обыкновенный, катальпа бигнониевидная, вяз приземистый и др.).

Около 56,3% деревьев имеют высоту от 5 до 15 м, 24,8% приходится на экземпляры с высотой менее 5 м, 18,9% – с высотой более 15 м (табл. 1).

Следует отметить, что на исследуемой территории присутствует 67 деревьев со стволом, обрезанным примерно на треть. Эта процедура была использована для тополя пирамидального и тополя гибридного. Для ясеня обыкновенного, вяза приземистого и каштана конского обыкновенного была проведена обрезка кроны. Отмечаются также деформации стволов деревьев на некоторых учетных площадках. В то же время на участках выявлено большое количество саженцев.

Диаметр ствола измерялся на высоте 1,3 м. Согласно полученным результатам, 47,2% деревьев имеют диаметр ствола от 11 до 50 см, 25,6% – 10 см и менее, 27,2% – более 50 см (табл. 2). Лидирующие позиции средней группы в структуре древостоя сохраняются на всех учетных площадках.

В соответствии с методикой [17] древесные насаждения были отнесены к соответствующей группе экологического состояния (табл. 3).

Большая часть древесных насаждений на рассматриваемом участке ул. Рахова относится к I группе экологического состояния (70,4% всех учетных деревьев).

Наибольшим числом деревьев, относящихся к I группе экологического состояния, отличаются тополь пирамидальный и липа сердцевидная, а также тополь серебристый и тополь раскидистый. Во II группе по доле лидируют ясень обыкновенный, ель европейская, береза бородавчатая, вяз шершавый, каштан конский. К III группе экологического состояния древесных насаждений относятся береза бородавчатая и клен остролистный.

Таблица 1

Распределение деревьев по высоте на учетных площадках бульвара на ул. Рахова в г. Саратове, 2018 г.

Высота деревьев, м	Распределение учетных деревьев по высоте							Всего деревьев	
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	шт.	%
До 5	36	6	19	15	5	8	3	92	24,8
5,1–10	33	13	3	0	0	11	12	72	19,4
10,1–15	40	16	18	18	8	22	15	137	36,9
15,1 и более	7	1	5	20	23	5	9	70	18,9

Таблица 2

Распределение деревьев по диаметру на учетных площадках бульвара на ул. Рахова, 2018 г.

Диаметр деревьев, см	Распределение учетных деревьев по диаметру							Всего деревьев	
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	шт.	%
До 10	39	4	20	16	5	8	3	95	25,6
11–30	15	11	3	0	1	3	8	41	11,1
31–50	43	8	12	17	7	23	24	134	36,1
51–70	16	5	6	19	22	11	2	81	21,8
71 и более	8	8	2	1	0	0	1	20	5,4



Распределение древесных насаждений по группам экологического состояния на учетных площадках бульвара показано в табл. 4.

Согласно полученным результатам экземпляры древесных насаждений, относящиеся к I группе экологического состояния, встречаются на всех участках. Их доля велика на участке № 3 (95,3%).

Отдельно стоит отметить болезни, которым подвержены растения. В большей степени воздей-

ствию тех или иных заболеваний или поражению вредителями подвержены ослабленные деревья и кустарники.

На рассматриваемом участке ул. Рахова было отмечено такое заболевание растений, как черная пятнистость (на листьях клена остролистного). Данное заболевание может быть вызвано сумчатым грибом *Rhytisma acerinum* Fr. Весной на листьях появляются желтые пятна – это первые признаки болезни. Затем пятна

Таблица 3

Видовой состав деревьев и их количественное распределение по группам экологического состояния на участке бульвара на ул. Рахова, 2018 г.

Вид древесных растений	Количество деревьев по экологическим группам						Всего учтенных деревьев		Количество экземпляров от общего числа, %
	I		II		III		шт.	%	
Тополь пирамидальный	145	94,8	8	5,2	0	0	153	100	41,2
Липа сердцевидная	52	70,3	21	28,4	1	1,3	74	100	19,9
Каштан конский	14	28	33	66	3	6	50	100	13,5
Тополь раскидистый	18	100	0	0	0	0	18	100	4,9
Клен остролистный	4	28,6	9	64,3	1	7,1	14	100	3,8
Вяз приземистый	4	40	6	60	0	0	10	100	2,7
Береза бородавчатая	2	20	7	70	1	10	10	100	2,7
Тополь серебристый	9	100	0	0	0	0	9	100	2,4
Ясень обыкновенный	0	0	8	100	0	0	8	100	2,2
Клен ясенелистный	5	71,4	2	28,6	0	0	7	100	1,9
Вяз гладкий	3	50	3	50	0	0	6	100	1,6
Ель европейская	1	16,7	5	83,3	0	0	6	100	1,6
Вяз шершавый	1	33,3	2	66,7	0	0	3	100	0,8
Катальпа бигониевидная	3	100	0	0	0	0	3	100	0,8
Всего:	261	70,4	104	28	6	1,6	371	100	100

Таблица 4

Экологическое состояние деревьев на учетных площадках бульвара на ул. Рахова, 2018 г.

Участки	Количество деревьев по категориям состояния						Всего деревьев	
	I		II		III		шт.	%
	шт.	%	шт.	%	шт.	%		
№ 1	79	65,3	40	33,1	2	1,6	121	32,6
№ 2	20	55,5	15	41,7	1	2,8	36	9,7
№ 3	41	95,3	2	4,7	0	0	43	11,7
№ 4	39	73,6	13	24,5	1	1,9	53	14,3
№ 5	27	77,1	8	22,9	0	0	35	9,4
№ 6	31	68,9	13	28,9	1	2,2	45	12,1
№ 7	24	63,2	14	36,8	0	0	38	10,2

Примечание. Группы деревьев по категории экологического состояния древесных насаждений: I – деревья хорошего состояния – деревья I-й категории (без признаков ослабления); II – деревья удовлетворительного состояния – 2-й и 3-й категории (ослабленные и сильно ослабленные); III – деревья неудовлетворительного состояния – 4, 5 и 6-й категории (усыхающие деревья, сухостой текущего и прошлого года) [17].



становятся черными, выпуклыми. При массовом развитии этих пятен возможно полное засыхание и отмирание листьев. Больше всего поражению этой болезнью подвержены подрост и поросль. Она распространена повсеместно [17]. Следует также отметить засыхание ветвей березы, что может быть вызвано разными грибами или неблагоприятными условиями окружающей среды. Для предотвращения распространения подобного явления необходимо провести обрезку засыхающих ветвей. Но сухие ветви были отмечены и у хвойных деревьев, например, у ели европейской. Наблюдалось увеличение процента мертвых ветвей в кронах, снижение охвоенности и усиление процесса некротизации хвои. Растение, которое используется в озеленении, в условиях г. Саратова чувствует себя недостаточно комфортно вследствие загазованности воздуха, также оно довольно требовательно к плодородию почвы и не переносит весенних заморозков.

При исследовании участка ул. Рахова были выявлены деревья (вяз, каштан, клен), поврежденные грызущими вредителями. Это могут быть гусеницы бабочек, жуки-листоеды, пилильщики и др. [17].

Особо ценных экземпляров деревьев на рассматриваемом участке ул. Рахова, например деревьев-долгожителей, уникальных по размеру и возрасту, или представляющих собой культурную ценность, обнаружено не было. Однако можно оценить наиболее привлекательные растения с эстетической точки зрения, например каштан конский, береза бородавчатая, клен остролистный. В осенний период времени окраской листвы выделяются клен остролистный и ясень обыкновенный. В летний период катальпа привлекает внимание ярким цветением и ароматом. Визуально наименее привлекателен вяз приземистый.

Среди кустарникового яруса исследуемой части бульвара распространены сирень обыкновенная, кизильник черноплодный, спирея острозубчатая. Весной 2018 г. здесь были высажены кусты сирени (110 шт.) и спиреи (130 шт.), которые не везде прижились или находятся в угнетенном состоянии. В целом кустарниковый ярус оценивается 2-й категорией экологического состояния – удовлетворительно [16].

Травянистый ярус представлен высаженным газоном (весной 2018 г.), состоящим из 49 растений, из которых 60% трав и 40% цветов. Но следует отметить, что во время наблюдений (июнь 2018 г.) на некоторых участках состояние газона было в неудовлетворительном состоянии. Поверхность грунта была сухая, покрыта сорной растительностью, сухими ветками и листьями, местами «лысая».

Позднее, в июле того же года, высота газона на некоторых участках улицы составляла от 80 до 120 см. Так как обновленная часть ул. Ра-

хова обеспечена установками с автоматическим поливом, то газонная трава быстро разрасталась и требовала ухода. В целом состояние газона на всех учетных площадках вполне удовлетворительное.

Для сравнения качества зеленых насаждений в стандарте предлагается использовать интегральный показатель. В статье была проведена интегральная оценка состояния всей растительности на участке ул. Рахова в соответствии с методикой, указанной выше.

На исследуемом участке цветники отсутствуют, поэтому рассчитывается сумма значений поправочных коэффициентов (ПК) для имеющихся элементов растительности. Данный показатель можно определить следующим образом:

$$\Sigma \text{ПК}_{д,к,г} = 1,0 + 0,4 + 0,2 = 1,6.$$

Состояние древостоя оценено как хорошее (Бсд = 1), состояние кустарников – как удовлетворительное (Бск = 2) и состояние газонов – удовлетворительное (Бсг = 2). Тогда коэффициент комплексной экологической оценки (ККЭО) всей растительности на исследуемом участке ул. Рахова будет равен:

$$\text{ККЭО} = (1 \cdot 1,0 + 2 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,2) / 1,6 = 1,37.$$

С помощью полученных значений для отдельных объектов или для отдельных районов города за один год или по годам можно провести их сравнительный анализ и получить данные о тенденции изменения.

Полученные результаты могут быть использованы в целях определения кризисных ситуаций и для принятия соответствующих мер по их предотвращению, восстановлению, созданию или реконструкции ЗНОП, а также для развития зеленого хозяйства и удовлетворения потребностей в экологической информации городских организаций и населения [16].

Древесные насаждения можно использовать как фитоиндикатор для оценки экологического состояния городской среды. В последнее время данный метод получил все большее распространение. В зависимости от подхода и свойств зеленых насаждений используют следующие виды фитоиндикации: биохимическую, биогеохимическую, анатомическую, морфологическую, физиономическую, фитооптическую, флористическую, биоценотическую и др. [18].

Определение загрязненности снегового покрова. Существуют косвенные, «планшетные», методы для изучения воздушного загрязнения. Такие методы дают возможность фиксировать взвешенные частицы в снеге, почве, иле, мхе на бумажном или тканом материале. Снег обладает высокой сорбционной способностью и аккумулирует как вымываемые осадки, так и седиментационно осаждаемые пылевые выбросы,



причём нередко принесённые ветром с других территорий [6].

Пыль – это дисперсная система органического или смешанного происхождения, состоящая из твердых частичек размером от 0,1 до 100 микрон (одна тысячная часть миллиметра), находящихся в воздухе во взвешенном состоянии на разной высоте [19].

Техногенная пыль образуется при работе транспорта и промышленных предприятий, сгорании топлива на ТЭС, обжиге цемента, лесных пожарах и т. п. Техногенной составляющей являются оксиды металлов, такие как железо, марганец, кадмий, свинец, ванадий, мышьяк, молибден, сурьма, селен и другие тяжелые металлы, а также сажа [6].

На протяжении долгого времени снег изучался только как один из видов атмосферных осадков. Однако химический состав снега как атмосферных осадков и толщи снежного покрова отличается разнообразием ингредиентов и их количественным содержанием.

В Саратове первые геохимические исследования снегового покрова проводились в рамках комплексной программы «Экологический мониторинг г. Саратова» (ЭМоС) в 1992 г. и 1994 г. в лаборатории урбоэкологии СГУ под руководством проф. В. З. Макарова. Исследования были продолжены в 1997 г. и 1999 г. Э. А. Молостовским. Данные работы позволили выявить очаговые загрязнения снегового покрова тяжелыми металлами, сульфатами, хлоридами, нитратами и рядом других поллютантов [20].

В рамках исследования снежный покров рассматривается как индикатор определения запыленности воздушного бассейна на территории.

Отбор проб снегового покрова производился на ул. Рахова и в районе родника «Богатырский» (представлен в качестве фонового показателя) 24 марта 2018 г. и 24 марта 2019 г. Пробы снега отбирались на участках, где сохранился нетронутый снеговой покров. Для получения усредненного образца снеговые пробы были отобраны в 4 точках (на пересечении ул. Рахова с другими улицами). Это схоже с методом конверта, когда отбираются 5 проб (четыре по углам, одна в центре квадратного участка площадью 1 м²), однако в условиях города была использована упрощенная методика. Снег в районе родника «Богатырский» отбирался тем же методом. Снеговой покров опробовался на полную мощность, особое внимание обращалось на чистоту подошвы пробы во избежание его загрязнения подстилающими почвами и грунтами. Отобранные пробы упаковывались в 5-литровые пластиковые бутылки (без верха). Снег был растоплен при комнатной температуре, а затем талые воды из снеговых проб пропускали через бумажные фильтры для отделения нерастворимого остатка.

Фильтрация проводилась в течение 4 дней. Специальные фильтры были взвешены

до и после фильтрации талой воды на высокоточных электронных аналитических весах ViBRA серии НТ.

По результатам измерений наибольшее содержание пыли в 2018 г. отмечалось на пересечении ул. Рахова с ул. Рабочей. Высокое содержание пыли наблюдается на этом же перекрестке и в 2019 г., причем масса пыли увеличилась в 2,4 раза по сравнению с 2018 г. В 4,2 раза увеличилась масса пыли в 2019 г. на перекрестке с ул. Новоузенской по сравнению с 2018 г. Увеличение массы пыли наблюдается также на перекрестке с ул. Вавилова (357,1%). На перекрестках ул. Рахова с улицами Советская, Белоглинская, 2-я Садовая масса пыли в 2019 г., по нашим данным, увеличилась в 1,2 раза.

При сравнении массы пыли на участках ул. Рахова в 2018 г. по отношению к фоновому показателю, за который был выбран родник «Богатырский», можно отметить, что лишь на ул. Советская и ул. Рабочая была незначительно увеличена масса пыли. В то же время в 2019 г. по отношению к фоновому показателю на всех участках ул. Рахова была значительно увеличена масса пыли. Самые высокие показатели оказались на перекрестках с ул. Рабочей, ул. Новоузенской и ул. Вавилова (более чем в 87, 86 и 72 раза соответственно).

Таким образом, наибольшая запыленность отмечается на перекрестках ул. Рахова с ул. Рабочей, ул. Новоузенской и ул. Вавилова. На всех этих перекрестках наблюдается интенсивное движение автотранспорта, а на ул. Вавилова дополнительным источником пыли являются плохо асфальтированные трамвайные пути.

В целом запыленность в г. Саратове, с одной стороны, обусловлена природными факторами: положением города в степной засушливой зоне, слабым задернением земной поверхности, особенно до начала и после окончания вегетации растительности в апреле и октябре, значительным перепадом относительных высот на территории города, когда с выпуклых приподнятых голых поверхностей сдувается мелкозём. С другой стороны, высокую естественную запыленность города обуславливают некачественное мощение городских улиц, низкие бордюры дорожного покрытия, отсутствие ливневой канализации, плохая уборка территории от пыли или вовсе её отсутствие, слабое озеленение городской территории, плохое состояние грунтов на газонах, бульварах, в парках, часто разбитых колёсами автомашин, вытопанных людьми [6].

Заключение

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

– в результате проведенных исследований по определению загруженности улицы автотранспортом и оценке уровня загрязнения



атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта на участках ул. Рахова (по концентрации CO), по оценке состояния зеленых насаждений и определению загрязненности снежного покрова становится очевидным, что наиболее загрязненными на ул. Рахова являются участки от ул. Вавилова до ул. Мичурина и от ул. Рабочая до ул. Белоглинская. Именно на этих участках отмечены высокая загруженность автотранспортом (от 1260 до 1896 автом./час) и во много раз превышающая ПДК концентрация окиси углерода (от 4,6 до 7,1 раза), значительное содержание массы пыли на фильтрах после фильтрации талой воды (от 0,2403 до 0,2872 г) и состояние зеленых насаждений, оцениваемое 2-й категорией (от 30 до 40% учтенных деревьев);

– комплексное загрязнение окружающей среды пешеходной зоны ул. Рахова по максимальному значению превышает установленный нормативами допустимый уровень. Таким образом, большая часть пешеходной зоны, даже с учетом реконструкции, проведенной КБ «Стрелка» по благоустройству территории, относится к зоне постоянного экологического дискомфорта. Поэтому необходима более детальная проработка стандарта комплексного развития территории в части мероприятий по улучшению состояния зеленых зон отдыха.

Библиографический список

1. Мутко призвал проработать вопрос обязательного применения стандарта застройки с 2020 года. ТАСС, информационное агентство [Электронный ресурс]. URL: https://tass.ru/nedvizhimost/6792743?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop (дата обращения: 05.08.2019).
2. СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации : строительные нормы и правила [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200163> (дата обращения: 10.03.2019).
3. Соловьева О. В., Терешкин А. В. Оценка и перспективы расширения ассортимента древесных пород в зеленых насаждениях г. Саратова // Актуальные проблемы и достижения в сельскохозяйственных науках : сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. Самара : ИЦРОН, 2015. № 2. С. 54–57.
4. О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2016 году : доклад / Министерство природных ресурсов и экологии Саратовской области. Саратов, 2017. 250 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://saratov.gov.ru/gov/auth/minres/doklad-o-sostoyanii-i...> (дата обращения: 10.03.2019).
5. Анисимова А. В. Проблемы размещения и состояния зелёных насаждений в городской среде (на примере скверов и бульваров центральной части г. Саратова) : автореф. выпускной квалификационной работы магистра. Саратов, 2018. 11 с.
6. Макаров В. З., Суровцева О. В., Чумаченко А. Н. Оценка запыленности воздушного бассейна города Саратова по данным прямых и косвенных методов наблюдений // Изв. Саратов. ун-та. Нов. Сер. Сер. Науки о Земле. 2014. Т. 14, вып. 1. С. 16–25.
7. Волков Ю. В., Гусев В. А., Неврюев А. М. Запыленность воздушного бассейна центральной (исторической) части г. Саратова // Современные проблемы территориального развития. 2019. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://terjournal.ru/2019/id79/> (дата обращения: 13.02.2019).
8. Макаров В. З. Ландшафтно-экологический анализ крупного промышленного города. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2001. 176 с.
9. О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2017 году : доклад / Министерство природных ресурсов и экологии Саратовской области. Саратов, 2018. 201 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.minforest.saratov.gov.ru/info/?SECTION_ID=65&ELEMENT_ID=2461 (дата обращения: 10.03.19).
10. Федорова А. И., Никольская А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений. М. : ВЛАДОС, 2003. 288 с.
11. Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» (с изменениями на 31 мая 2018 года) : постановление главного санитарного врача РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/556185926> (дата обращения: 13.02.2019).
12. Городков А. В., Федосова С. И. Основы территориально-пространственного развития города : учеб. пособ. Брянск : Брянская государственная инженерно-технологическая академия, 2009. 326 с.
13. Морозова Г. Ю. Мониторинг урбанизированной среды : структура популяций растений // Известия Самарского науч. центра РАН. 2009. Т. 11, № 1, вып. 6. С. 1170–1173.
14. Горохов В. А. Зеленая природа города. М. : Архитектура-С, 2005. 589 с.
15. Саратовский научно-образовательный геоэкологический полигон: учеб. пособие / А. В. Иванов, В. З. Макаров, А. Н. Чумаченко [и др.]; под ред. А. В. Иванова, В. З. Макарова, А. Н. Чумаченко. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2007. 286 с.
16. Методика оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга : распоряжение Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности правительства Санкт-Петербурга от 30.08.2007 № 90-р [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bestpravo.ru/leningradskaya/xgpostanovlenija/z3g.htm> (дата обращения: 10.09.2017).
17. Белосельская З. Г., Сильвесторов А. Д. Защита зеленых насаждений от вредителей и болезней. Подольск : Главполиграфпром, 1970. 145 с.
18. Терехина Н. В., Банарь С. А. Использование методов фитоиндикации для оценки экологического состояния городской среды // Географические и геоэкологические аспекты развития природы и общества : сб. науч. ст. по материалам отчетной науч.-практ. конф. / под ред. Н. В. Ка-



ледица, В. В. Дмитриева, Т. А. Алиева. СПб. : СПбГУ, 2008. С. 64–80.

19. Пыль [Электронный ресурс] // Малая медицинская энциклопедия. URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_medicine/25710/Пыль (дата обращения: 15.09.2018).

20. Решетников М. В., Гребенюк Л. В., Смирнова Т. Д. Результаты геохимической снеговой съемки локального участка территории Саратова // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2010. Т. 10, вып. 1. С. 74–80.

Образец для цитирования:

Романова А. Ю., Цобберг О. А. К вопросу оценки качества зеленых насаждений для комфортной городской среды (на примере пешеходной зоны «улица Рахова» г. Саратова) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 27–35. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-27-35>

Cite this article as:

Romanova A. Yu. , Tsoberg O. A. On the Question of Assessing the Quality of Green Plants for a Comfortable City Environment (on the Example of the Pedestrian Zone «Rakhov Street», Saratov). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 27–35 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-27-35>



УДК (504.5.06+004.942):(470 44)

Исследование линейной эрозии путем создания уточненной цифровой модели рельефа на основе SRTM (на примере территории Хвалынского района Саратовской области)



А. В. Федоров, П. А. Шлапак, Д. А. Муженский

Федоров Алексей Васильевич, старший преподаватель, заведующий учебной лабораторией геоинформатики и тематического картографирования, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, alexeivf@gmail.com

Шлапак Павел Александрович, старший преподаватель, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, henryxiv@list.ru

Муженский Дмитрий Александрович, инженер, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, dimamyzhen@mail.ru

В статье рассматривается методика построения цифровой модели рельефа и ее производных для анализа пространственного распределения линейных эрозионных процессов на примере территории Хвалынского района. Авторами предлагается создание уточненной модели рельефа на основе данных радарной съемки SRTM, топографических карт и дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли. Описывается технология создания уточненной модели рельефа и производится сравнительный анализ с базовой SRTM. Определяются области применения предлагаемого метода и необходимость его внедрения. **Ключевые слова:** цифровые модели рельефа, линейная эрозия, Саратовская область, ГИС-технологии, SRTM.

Studying Linear Erosion by Means of Creating a Refined Digital Elevation Model Based on SRTM (The Khvalynsk District of the Saratov Region as an Example)

A. V. Fedorov, P. A. Shlapak, D. A. Muzhenskiy

Alexey V. Fedorov, <https://orcid.org/0000-0002-8999-6398>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, alexeivf@gmail.com

Pavel A. Shlapak, <https://orcid.org/0000-0002-6418-8749>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, henryxiv@list.ru

Dmitriy A. Muzhenskiy, <https://orcid.org/0000-0003-2442-4345>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, dimamyzhen@mail.ru

This article considers the methodology for constructing a digital elevation model and its derivatives for analyzing the spatial distribution of linear erosion processes using the territory of the Khvalynsk district as an example. The authors propose the creation of a refined terrain model based on SRTM radar data, topographic maps and the

interpretation of Earth remote sensing data. The creation technology is described and a comparative analysis of the refined model with the base SRTM is carried out. Areas of application of the proposed method and the need for its implementation are determined.

Keywords: digital elevation model, linear erosion, Saratov region, GIS-technology, SRTM.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-36-40>

Актуальность исследования. Точная и актуальная информация о рельефе, полученная из разных источников, является важным компонентом анализа морфометрических характеристик территории. Они используются как в фундаментальных исследованиях, так и для решения разных задач, например при строительстве инженерных сооружений, обеспечении защиты земель от эрозии и неблагоприятных явлений, ландшафтных изыска-ниях. Многообразие решаемых задач, связанных с морфометрическими исследованиями, обеспечивается доступностью источников информации, в том числе тех, которые необходимы для создания моделей рельефа: данные дистанционного зондирования, топографические съемки местности, топографические карты, гипсо- и барометрические карты и др. Использование данных о рельефе местности актуально для решения задач, связанных с выявлением и прогнозированием развития на исследуемой территории интенсивного овраго-образования и оползневых процессов. Особенно важное значение приобретает применение точной и актуальной информации.

Объект исследования. Хвалынский район Саратовской области является одним из наиболее контрастных в аспекте рельефа районов региона. Здесь перепады высот достигают нескольких сотен метров, а плоские участки сочетаются с сильнорасчлененными долинами рек, отрогами меловых гор. Хвалынский район входит в выделяемую некоторыми исследователями в качестве отдельной, имеющей собственные отличительные особенности территорию Саратовского Предволжья [1]. Данная зона имеет хорошо выраженную эрозионную сеть с глубоко врезанными долинами рек, крупными оврагами и балками. Опасные экзогенные процессы представлены оползне-образованием, эрозией. В районах меловых и известняковых отложений ситуацию осложняют суффозия и карст. Поэтому требования к точности и детальности построения моделей рельефа на территории Хвалынского района должны быть очень высокими.



Цель исследования – разработать методику получения достоверных данных, которые будут способствовать наиболее полной и точной комплексной оценке рисков развития опасных эрозионных процессов.

На предыдущем этапе исследования была создана карта эрозионной опасности Хвалынского района [2]. Интегральный показатель рассчитывался путем балльной оценки территории по трем пространственным моделям: горизонтальному и вертикальному расчленению, а также по модели углов наклона. Созданные растровые модели были совмещены в виде карты эрозионной опасности. Но в ходе работ было выявлено, что существенной проблемой является точность исходных данных. В частности, использовалась общедоступная модель SRTM 1 ArcSecond Global [2]. Пространственное разрешение данной цифровой модели рельефа (ЦМР) позволяет отображать овраги и балки, крупные промоины, но более мелкие эрозионные формы не будут представлены. По оценкам А. К. Корвзула (Karwel) и И. Эвиака (Ewiak) данные SRTM вполне могут использоваться для построения рельефа на топографических картах 1:50000 [3].

Для решения этой задачи предполагается уточнить модель рельефа, полученную на основе SRTM 1, материалами, взятыми с топографической карты 1:25000 (изогипсы и отметки высот), и данными дистанционного зондирования Земли.

Вертикальное расчленение и углы наклона при уточнении изменятся незначительно, так как эти параметры определяются в первую очередь крупными формами рельефа, которые достаточно точно отображены на базовой SRTM. Горизонтальное расчленение будет серьезно отличаться, так как определяется детальностью отображения всех эрозионных форм, в том числе небольших.

Следовательно, необходимо построить модель горизонтального расчленения на основе полученной ЦМР. Анализируя сходства и различия горизонтального расчленения, можно выявить участки высокой эрозионной опасности на территории Хвалынского района.

Подготовка материалов

Данные SRTM 1 общедоступны и представлены в виде растровой модели, в которой каждой ячейке растра (пикселу) соответствует действительная абсолютная высота (рис. 1, а) [4]. После скачивания растр предварительно обрабатывается с помощью инструментов ArcToolBox ArcGIS 10.2: удаляются артефакты (инструмент «Фокальная статистика»), изображение обрезается по контуру района (инструмент «Обрезка растра»). По топографической карте 1:25 000 оцифровываются векторные изогипсы рельефа и отметки высот. По подготовленному космоснимку SPOT 5 выделяется эрозионная сеть, а также линейные и площадные гидрографические объекты. Важно отметить, что направления тальвегов и водотоков должны совпадать с направлениями стока [5]. Таким образом, для моделирования в единой проекции должны быть подготовлены следующие слои: растр SRTM 1, изогипсы рельефа, отметки высот, эрозионная сеть, гидрографическая сеть, площадные водные объекты.

Создание уточненной цифровой модели рельефа и модели горизонтального расчленения

Для создания уточненной ЦМР исходные данные обрабатывались с помощью инструмента «Toto to Raster» модуля Spatial Analyst программного комплекса ArcGIS 10.2 (рис. 1, б).

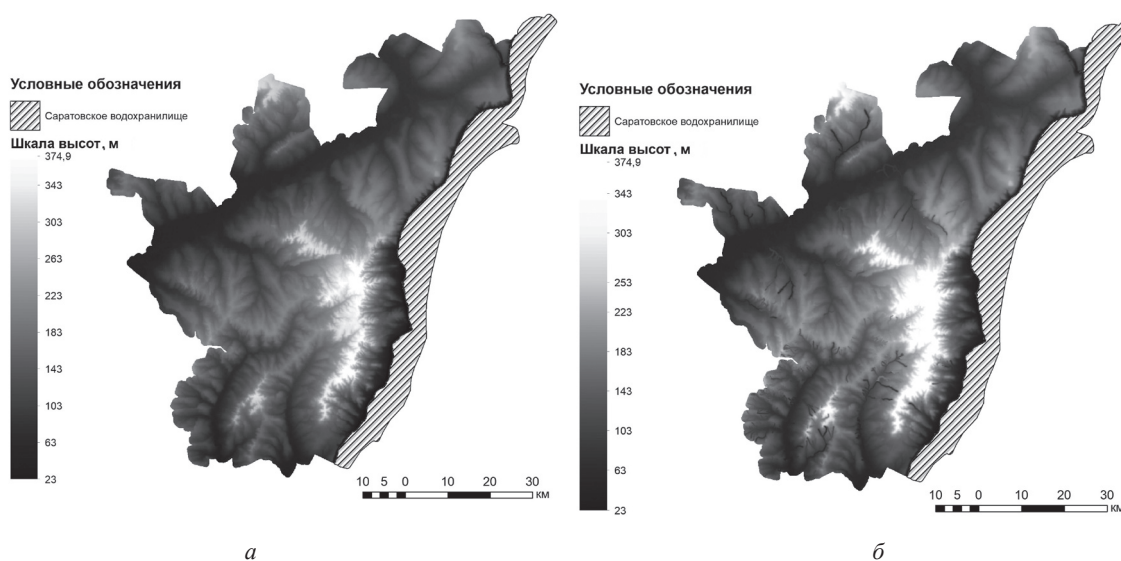


Рис. 1. ЦМР на территорию Хвалынского района: а – ЦМР по данным SRTM 1; б – уточненная ЦМР



Сопоставив полученную модель с данными по SRTM 1 (рис.2), можно отметить значительную разницу в количестве и точности отрисовки верховьев оврагов и балок, т. е. на участках, близких к водораздельным поверхностям. Долины рек не слишком изменяются на уточненной модели. Это объясняется разрешением SRTM 1, позволяющим идентифицировать значительные перепады высот, но нечувствительным к обширным и при этом слабоврезанным эрозионным элементам. В уточ-

ненной модели метричность и общая динамика SRTM 1 дополняются детальностью космического снимка и топокарты.

Для подтверждения необходимости улучшения SRTM 1 следует перейти к более наглядному сравнению моделей горизонтального расчленения до и после уточнения (рис. 3).

Как уже говорилось выше, два других показателя, часто используемых для отображения линейной эрозии, – вертикальное расчленение и

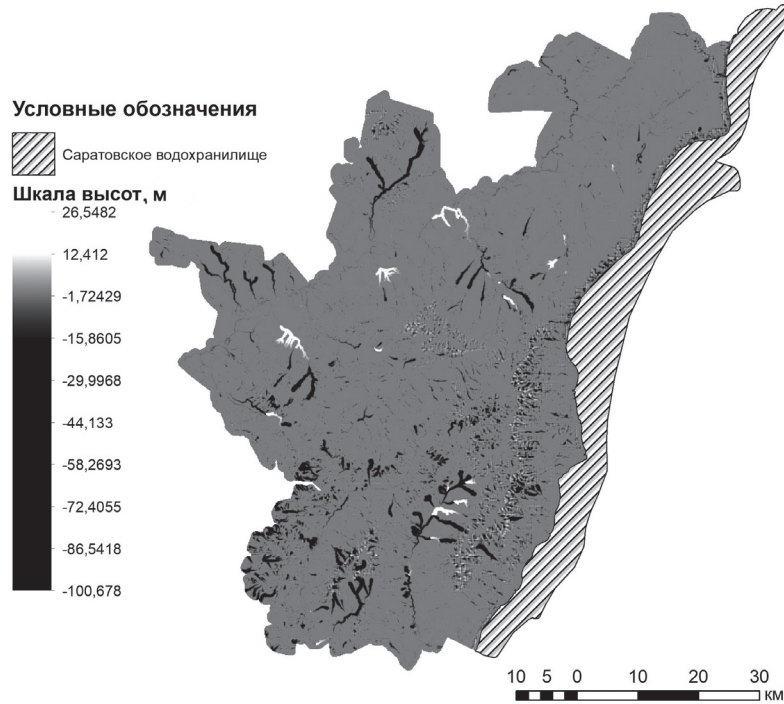


Рис. 2. Карта разности двух ЦМР: уточненной и по данным SRTM 1

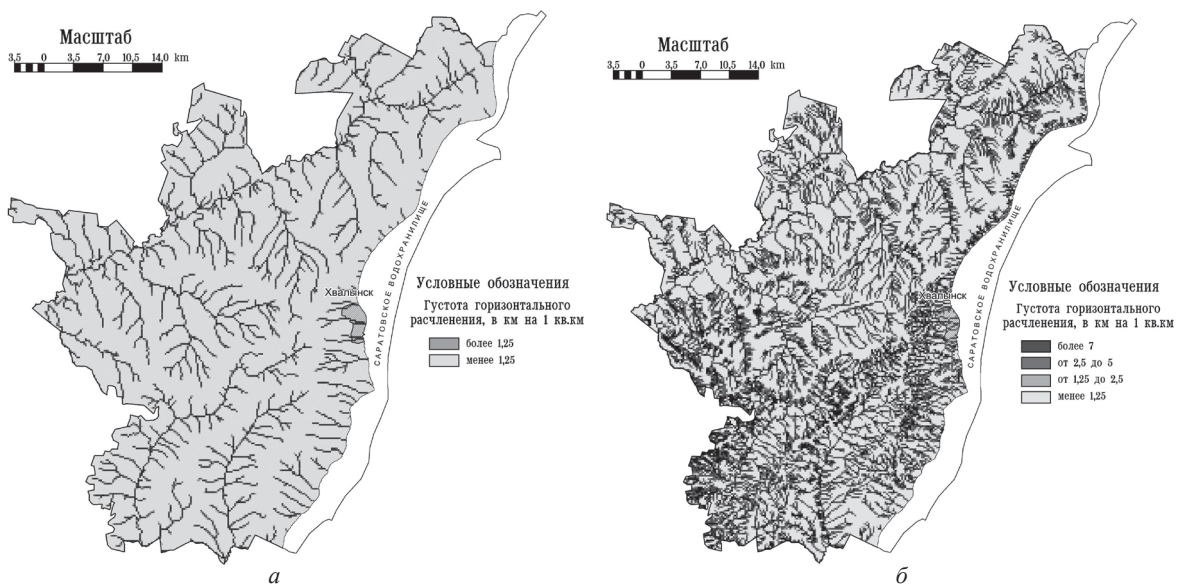


Рис. 3. Карты моделей горизонтального расчленения рельефа территории: а – по ЦМР на основе данных SRTM 1; б – по уточненной ЦМР



модель углов наклона – не испытывают серьезных изменений при внесении дополнительных данных [2]. Это объясняется тем, что наибольшему уточнению подвергаются территории с малыми уклонами и малой разницей высот.

Горизонтальное расчленение (густота эрозионной сети) – принципиально иной показатель, определяющий насыщенность местности эрозионными формами, которые характеризуют степень активности эрозионных процессов [6]. Иными словами, наличие в пределах участка обширной сети неглубоких промоин будет значительно влиять на итоговый коэффициент, чем наличие глубокой, но не слишком длинной балки.

Модель горизонтального расчленения создавалась в два этапа. Сначала на основе ЦМР в программном комплексе Global Mapper была воссоздана эрозионная сеть. Далее была сформирована сетка с квадратной ячейкой площадью 4 км². Показатель горизонтального расчленения вычислялся как отношение суммы длин всех эрозионных форм к площади ячейки. Наблюдается отличие значений более чем на порядок, особенно в южной части района (бассейн р. Терешка) и в меловых горах близ Саратовского водохранилища.

Анализ результатов

Сравнительный анализ моделей распределения высот (см. рис. 1) и густоты эрозионной сети (см. рис. 3) позволяет сделать следующие выводы.

1. SRTM 1 дает возможность определить средние и крупные формы линейной эрозии, что достаточно для исследований на региональном и в некоторых случаях локальном уровне. Уточнение модели необходимо на ультралокальном уровне и на участках, на которых развиваются опасные экзогенные процессы, связанные с эрозией: оврагообразование, сход оползней и т. п. Если проводить аналогию с топографическими картами, базовая SRTM может использоваться для карт масштаба 1:50000 и мельче, уточненная модель может быть сопоставлена с топокартами 1:25000 и 1:10000. Более детальное исследование рельефа может минимизировать природные и техногенные риски, способствовать оптимизации землепользования, развитию инфраструктурных проектов [7, 8].

2. Основные различия между SRTM 1 и уточненной моделью наблюдаются в верховьях склонов. Лучше идентифицируются тальвеги более низких порядков. Для крупных балок, оврагов и постоянных водотоков особой разницы между полученными моделями не выявлено.

3. Более точная идентификация эрозионной сети важна не только с точки зрения изучения рельефа. Немаловажным является также изучение бассейнов стока. Достоверное определение тальвегов низкого порядка позволяет выявлять важные гидрологические показатели, связывать выпадение осадков и водность рек, определять источники загрязнения воды [9].

4. Сравнивая две модели горизонтального расчленения территории Хвалынского района (см. рис. 3), можно проследить серьезную разницу в детализации значений данного показателя. Особенно сильным является отличие в южной части района (бассейн р. Терешка) и в меловых горах близ Саратовского водохранилища. Это обусловлено рядом факторов: значительными перепадами абсолютных высот водоразделов и базисов эрозии, высокими значениями углов наклона поверхности, податливостью горных пород. Перечисленные причины способствуют развитию густой и обширной эрозионной сети, на что указывает показатель горизонтального расчленения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Русского Географического Общества (проект № 07/2019-Р «Космические снимки для мелиорации Саратовского Заволжья»).

Библиографический список

1. Саратовское Предволжье. Ландшафтная структура. История освоения. Проблемы природопользования / А. Н. Чумаченко, В. А. Гусев, Н. В. Пичугина [и др.]. Саратов : ИП Кошкин В. А., 2014. 180 с.
2. Муженский Д. А., Шлапак П. А., Федоров А. В. Исследование линейной эрозии с помощью цифрового моделирования рельефа (на примере территории Хвалынского района Саратовской области) // Фундаментальные исследования с применением компьютерных технологий в науке, производстве, социальных и экономических процессах: материалы 18-й Нац. молодежной науч.-практ. конф. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова. Новочеркасск : Лик, 2019. С. 291–296.
3. Karwel A. K., Ewiak I. Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2008. Vol. XXXVII, part B7. P. 169–172.
4. Геологическая Служба США [Электронный ресурс]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения: 19.09.2019).
5. Чумаченко А. Н., Хворостухин Д. П., Морозова В. А. Построение гидрологически-корректной цифровой модели рельефа (на примере Саратовской области) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 104–109.
6. Гайворонская Н. И. Картометрические и морфометрические показатели как основа для выявления природных предпосылок развития экзогенных геоморфологических процессов на территории Белгородской области // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 932–939.
7. Геоэкологический риск-анализ нефтяных месторождений Саратовской области с применением ГИС-технологий / А. Н. Чумаченко, А. В. Молочко, В. З. Макаров [и др.] ; под ред. А. Н. Чумаченко. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2017. 104 с.



8. Гусев В. А., Басамыкин С. С., Шлапак П. А. Оптимизация структуры землепользования для увеличения устойчивости агроландшафтов // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 3. С. 133–137.

9. Чумаченко А. Н., Гусев В. А., Данилов В. А., Мака-

ров В. З., Затонский В. А., Пичугина Н. В., Федоров А. В., Шлапак П. А. Геоэкологическая оценка качества поверхностных вод бассейна реки Чардым Саратовской области // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 2. С. 93–97.

Образец для цитирования:

Федоров А. В., Шлапак П. А., Муженский Д. А. Исследование линейной эрозии путем создания уточненной цифровой модели рельефа на основе SRTM (на примере территории Хвалынского района Саратовской области) // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 36–40. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-36-40>

Cite this article as:

Fedorov A. V., Shlapak P. A., Muzhenskiy D. A. Studying Linear Erosion by Means of Creating a Refined Digital Elevation Model Based on SRTM (The Khvalynsk District of the Saratov Region as an Example). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 36–40 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-36-40>

ГЕОЛОГИЯ

УДК 631.41:614.76

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах Ботанического сада Саратовского университета

В. Н. Ерёмин, А. С. Шешнёв, М. В. Решетников, О. В. Теслинова

Ерёмин Виталий Николаевич, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой общей геологии и полезных ископаемых, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, ereminvit@gmail.com

Шешнёв Александр Сергеевич, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геоэкологии, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, sheshnev@inbox.ru

Решетников Михаил Владимирович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник отделения геологии НИИЕН, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, rmv85@list.ru

Теслинова Оксана Владимировна, аспирант, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, OKST123@yandex.ru

Исследован почвенный покров на территории особо охраняемой природной территории «Ботанический сад Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского». По результатам анализа концентрации подвижных форм тяжелых металлов выполнена оценка современного санитарно-гигиенического и эколого-геохимического состояния почв. Установлено превышение предельно допустимой концентрации по никелю, меди и цинку.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, Ботанический сад, Саратов.

The Content of Mobile Forms of Heavy Metals in the Soils of the Botanical Garden of Saratov State University

V. N. Eremin, A. S. Sheshnev, M. V. Reshetnikov, O. V. Teslinova

Vitaliy N. Eremin, <https://orcid.org/0000-0001-5784-6777>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, ereminvit@gmail.com

Aleksandr S. Sheshnev, <https://orcid.org/0000-0003-3566-8652>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, sheshnev@inbox.ru

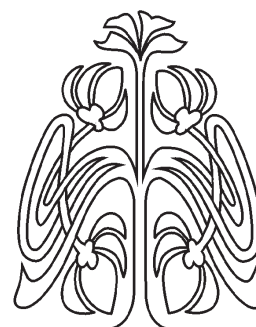
Mikhail V. Reshetnikov, <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, rmv85@list.ru

Oksana V. Teslinova, <https://orcid.org/0000-0003-4927-3280>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, OKST123@yandex.ru

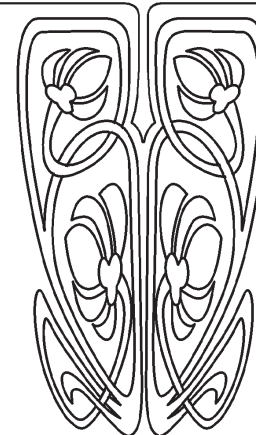
The soil cover in the territory of the specially protected natural area «Botanical Garden of Saratov State University» is investigated. Based on the analysis of the concentration of mobile forms of heavy metals, the assessment of the current sanitary-hygienic and ecological-geochemical state of soils has been carried out. The excess of the maximum allowable concentration for nickel, copper and zinc has been established.

Keywords: soil, heavy metals, Botanical garden, Saratov.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-41-45>



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Введение

«Ботанический сад Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского» – особо охраняемая природная территория (ООПТ) регионального значения категории «Дендрологический парк и ботанический сад» ботанического профиля [1]. В действующем статусе находится с 15 июля 1982 г. Ботанический сад выполняет природоохранные, научные и учебно-просветительские функции. На территории ООПТ запрещены виды хозяйственной деятельности и природопользования, препятствующие сохранению, восстановлению и воспроизводству природных комплексов и их компонентов.

Общая площадь ООПТ составляет 20,7 га [2], в том числе дендрарий с остатками естественной дубравы – около 9 га. В коллекциях ботанического сада насчитывается в общей сложности более 1000 видов растений из природной флоры Саратовской области, сопредельных областей, республик бывшего СССР и зарубежных стран. Многие из них включены в список редких и охраняемых на региональном и федеральном уровне [3].

Территория ООПТ ограничена улицами Технической, Навашина и Геофизической. Южная граница сада частично совпадает с верховьем долины Глебучева оврага. Верховья оврага унычтожаются, до настоящего времени в них складываются строительные и прочие отходы и осуществляется их сжигание [4].

Геоморфологически территория располагается на нижней поверхности выравнивания Приволжской возвышенности с абсолютными отметками 120–150 м. От ул. Навашина отметки рельефа понижаются к югу – к верховью Глебучева оврага. До времени активного освоения левый склон оврага был расчленен промоинами и небольшими оврагами, которые активно засыпались. Фрагмент одного из оврагов разделяет две части ботанического сада.

Почвы относятся к культуроземам. Частично на участках засыпанных оврагов природные почвы заменены почвоподобными грунтами. В условиях г. Саратова, где загрязнение тяжелыми металлами фиксируется в течение ряда лет [5], анализ качества почв охраняемых природных территорий приобретает особое значение.

Методы исследований

На территории ботанического сада согласно ГОСТ 17.4.4.02–84 [6] выполнено геоэкологическое опробование почв с глубин 0–20 см. Заложено 30 площадок размером 5×5 м по равномерной сетке для выявления общей структуры геохимического поля почвенного покрова (рис. 1).

Методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией на спектрофотометре «Квант-2АТ» исследована концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почве, отно-

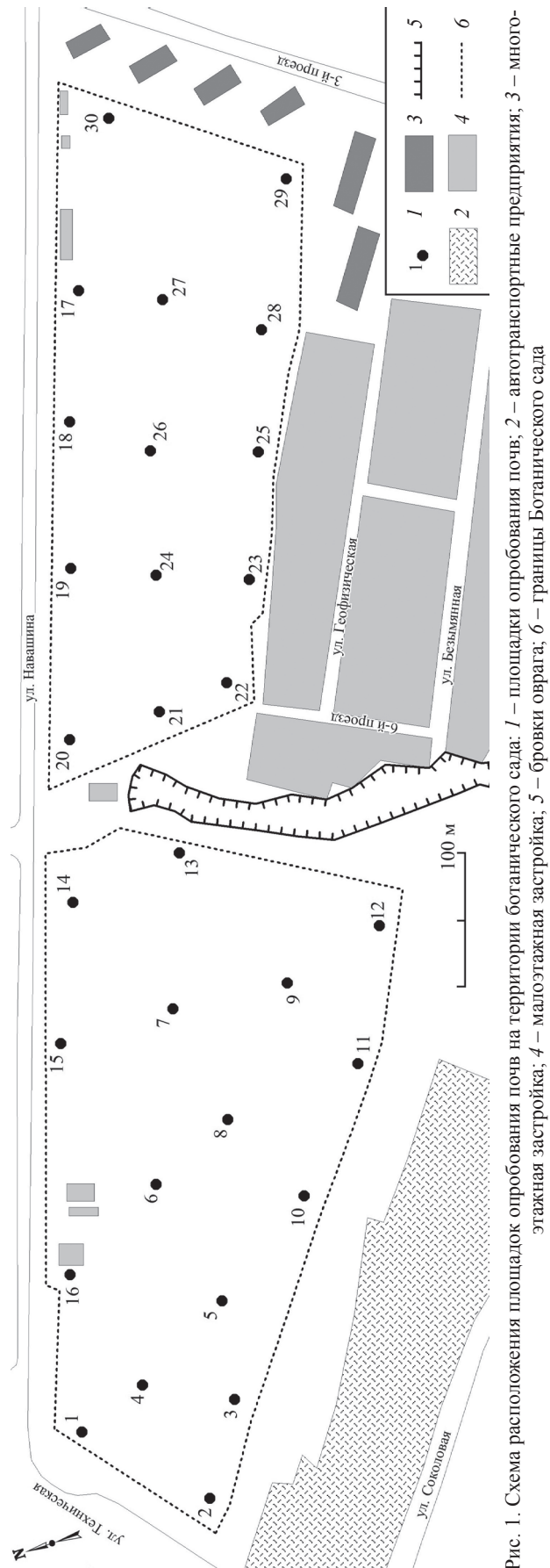


Рис. 1. Схема расположения площадок опробования почв на территории ботанического сада: 1 – площадки опробования почв; 2 – автогравитационные предприятия; 3 – многоэтажная застройка; 4 – малоэтажная застройка; 5 – бортики оврага; 6 – границы Ботанического сада



сящихся к элементам I класса опасности: кадмия (Cd), свинца (Pb), цинка (Zn); II класса опасности: меди (Cu), никеля (Ni), хрома (Cr). Подвижные формы извлекались из почвы ацетатно-аммонийным буфером с рН = 4,8. Для ботанического сада определение содержания подвижных форм наиболее важно, так как позволяет оценить опасность тяжелых металлов в трофических цепочках растения–животные–человек.

Поэлементная оценка степени химического загрязнения почвы по содержанию подвижных форм тяжелых металлов выполнена согласно

СанПиН 2.1.7.1287-03 [7]. Данными требованиями к почвам для неорганических веществ I класса (Cd, Pb, Zn) и II класса (Cr, Cu, Ni) опасности выделяются следующие категории загрязнения: допустимая – содержание вещества менее предельно допустимой концентрации (ПДК), опасная – от ПДК до K_{max} , чрезвычайно опасная – выше K_{max} . ПДК приняты в соответствии с действующими нормативами [8]. K_{max} – максимальное значение допустимого уровня содержания элемента по одному из четырех показателей вредности, установленных в МУ 2.1.7.730-99 [9].

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории ботанического сада Саратовского университета, мг/кг

Номер образца	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Ni
1	2,18	31,27	0,18	3,78	5,97	10,80
2	2,18	58,31	0,16	3,39	5,23	9,32
3	2,14	52,12	0,25	2,68	5,59	8,27
4	1,34	36,06	0,10	2,25	4,12	6,14
5	2,61	41,34	0,06	2,65	29,37	6,86
6	1,10	37,90	0,10	1,55	3,39	6,32
7	1,67	22,66	0,08	1,25	4,71	3,46
8	2,11	22,88	0,09	1,43	3,76	4,77
9	3,02	132,37	0,08	1,47	7,77	2,69
10	0,45	10,93	0,01	1,22	1,91	2,59
11	3,58	106,79	0,04	2,53	20	10,79
12	16,91	369,73	0,82	3,55	12,19	31,86
13	2,55	61,34	0,14	2,75	12,80	15,43
14	1,58	27,15	0,13	1,24	3,37	3,74
15	1,60	35,61	0,21	0,96	4,30	3,74
16	3,53	71,14	0,17	2,46	8,27	7,22
17	2,34	62,33	0,20	1,22	5,56	4,14
18	3,20	106,71	0,19	2,59	9,38	5,40
19	2,44	74,45	0,13	1,65	7,42	4,51
20	0,81	42,80	0,12	1,55	3,78	7,78
21	1,78	45,43	0,05	0,92	3,19	2,79
22	2,96	82,18	0,13	1,78	11,56	4,12
23	8,64	81,80	0,10	2,40	26,56	23,28
24	0,37	49,43	0,06	0,56	1,57	2,22
25	1,72	45,69	н.о.*	1,07	4,98	4,64
26	7,60	107,03	0,08	1,40	31,66	23,94
27	1,19	24,84	0,20	0,87	2,88	2,45
28	1,78	62,80	0,21	2,03	5,53	4,14
29	2,21	50,30	0,09	0,84	4,56	2,23
30	2,05	50,89	0,23	1,19	5,03	3,86
ПДК	6	23	0,5–1**	6	3	4
K_{max}	–	200	–	6	72	14

*Не определен, концентрация ниже порога чувствительности прибора;

**норматив ПДК для подвижных форм кадмия не установлен. Приводится осредненный по литературным источникам.



Результаты и их обсуждение

В результате лабораторных исследований определена концентрация подвижных форм тяжелых металлов (таблица).

Концентрация кадмия и хрома не превышает ПДК.

Концентрация свинца превышает нормативные значения по трем площадкам опробования – 12 (2,8 ПДК), 23 (1,4 ПДК) и 26 (1,3 ПДК).

Кроме трех площадок опробования, по которым загрязнение почв допустимое (10, 24, 27), повсеместно фиксируется опасное загрязнение медью.

По трем площадкам опробования содержание цинка ниже ПДК (7, 8, 10), по одной фиксируется чрезвычайно опасное загрязнение (12); остальные площадки характеризуются опасной категорией загрязнения.

Отмечается наиболее сложная структура геохимического поля по содержанию никеля, по которому выделены все три категории загрязнения (рис. 2).

Выводы

1. Территория ботанического сада Саратовского университета с запада и севера ограничена автодорогами с достаточно высокой интенсивностью движения. К загрязнению от выхлопов автотранспорта добавляются специфическое многолетнее воздействие частного сектора и воздушный перенос поллютантов от сжигания разнообразных отходов на пустырях между двумя участками сада.

2. В почвах на территории ботанического сада обнаружена превышающая нормативные значения концентрация подвижных форм цинка, никеля и меди. Подобная ситуация характерна для парковых зон городов Саратовского Правобережья [10].

3. Высокая концентрация ряда элементов на западном участке, примыкающем к левому отрогу Глубучева оврага, связана с техногенным воздействием. До середины 2000-х гг. территория была покрыта сетью грунтовых дорог, в нижней части склона отходами засыпались эрозионные формы. Участок с поверхности перекрыт слоем почвогрунта техногенного происхождения разной мощности, уплотненного, с обилием включений. Данный район требует благоустройства.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (проект МК-3355.2019.5).

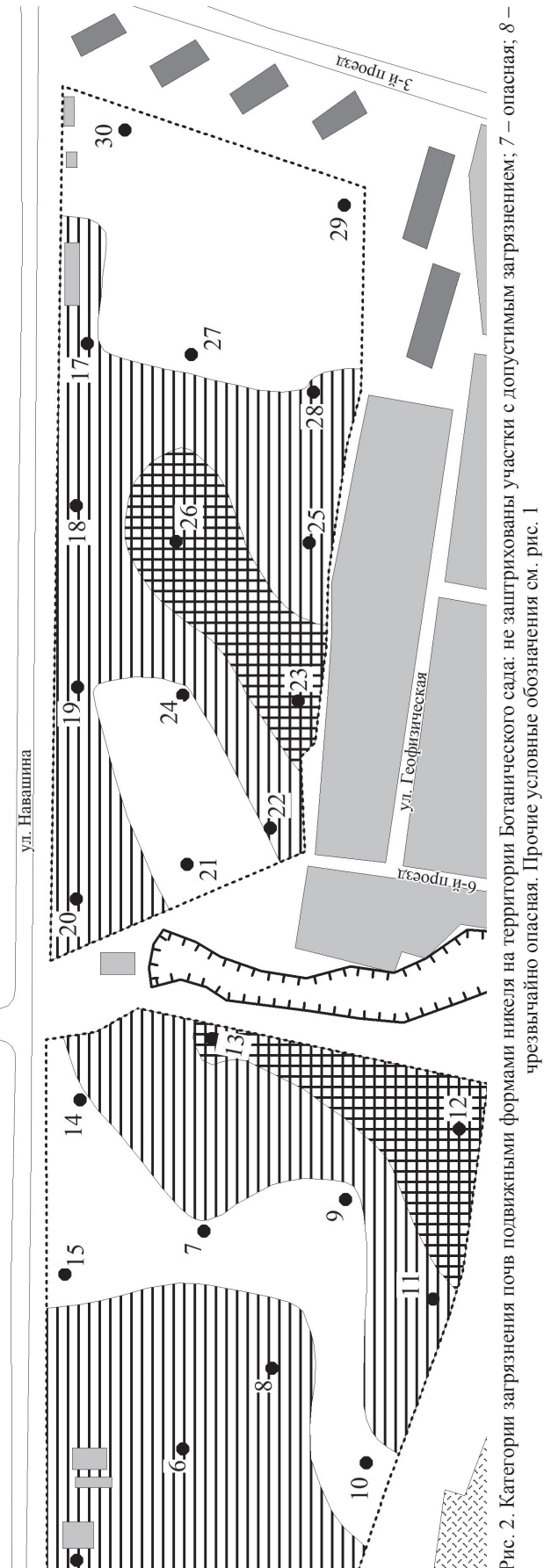


Рис. 2. Категории загрязнения почв подвижными формами никеля на территории Ботанического сада: не заштрихованы участки с допустимым загрязнением; 7 – опасная; 8 – чрезвычайно опасная. Прочие условные обозначения см. рис. 1



Библиографический список

1. Особо охраняемые природные территории Саратовской области : национальный парк, природные микрозаповедники, памятники природы, дендрарий, ботанический сад, особо охраняемые геологические объекты / науч. ред. В. З. Макаров. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2007. 300 с.
2. Паспорт особо охраняемой природной территории регионального значения (ботанического сада) «Ботанический сад Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского» г. Саратова [Электронный ресурс]. URL: http://oort.aari.ru/sites/default/files/documents/N_01-01-2016_5.pdf (дата обращения: 20.05.2019).
3. Серова Л. А., Шилова И. В., Гладиллина Т. Ю., Демочко Ю. А., Петрова Н. А., Иванова Е. В. Охраняемые виды растений Саратовской области в коллекциях отдела флоры и растительности учебно-научного центра «Ботанический сад» // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2015. Т. 13. С. 107–120.
4. Шешнёв А. С. Антропогенные отложения и формы рельефа городских территорий: формирование, развитие, геоэкологическая роль (на примере Саратова). Саратов : Издательство Саратовского государственного технического университета, 2012. 287 с.
5. Балашова С. П., Самонов А. Е., Ерёмин В. Н., Молоствовский Э. А., Кононов В. А., Артемьев С. А. Тяжелые металлы в почвах урбанизированных территорий // Экология и промышленность России. 2001. № 3. С. 40–43.
6. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М. : Издательство стандартов, 1985. 12 с.
7. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы : санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. 19 с.
8. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
9. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М. : Федеральный центр Госкомсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. 38 с.
10. Шешнёв А. С., Ерёмин В. Н., Прокофьева Е. В., Решетников М. В. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвенном покрове городского парка города Вольска // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 1. С. 62–69.

Образец для цитирования:

Ерёмин В. Н., Шешнёв А. С., Решетников М. В., Теслинова О. В. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах ботанического сада Саратовского университета // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 41–45. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-41-45>

Cite this article as:

Eremim V. N., Sheshnev A. S., Reshetnikov M. V., Teslinova O. V. The Content of Mobile Forms of Heavy Metals in the Soils of the Botanical Garden of Saratov State University. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 41–45 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-41-45>



УДК 550.832

Литолого-петрофизическое моделирование нефтегазоносных резервуаров терригенных отложений (на примере Северо-Лиманского месторождения)



С. А. Руднев

Руднев Сергей Александрович, аспирант, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Sergey.rudnev93@gmail.com

В статье рассмотрена литолого-петрофизическая модель нефтегазоносных терригенных резервуаров Северо-Лиманского месторождения. Определены геолого-геофизические характеристики терригенных коллекторов. Составлены литолого-петрофизические модели пластовых резервуаров тульско-бобриковских и алексинских отложений Северо-Лиманского месторождения. Прослежена закономерность изменения коллекторских свойств (пористости, эффективной мощности пластов) по вертикали и латерали в исследуемых резервуарах. Сделан вывод о необходимости использования построенных моделей для успешного проведения бурения и геолого-технологических исследований.

Ключевые слова: литолого-петрофизическая модель, нефтегазоносный резервуар, пористость, проницаемость, эффективная мощность.

Lithological and Petrophysical Modeling of Oil and Gas Reservoirs of Terigenous Deposits (on the Example of the Severo-Limanskoye oil Field)

S. A. Rudnev

Sergey A. Rudnev, <https://orcid.org/0000-0003-3469-8649>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, Sergey.rudnev93@gmail.com

In this article, a lithologic-petrophysical model of oil and gas bearing terigenous reservoirs of the Severo-Limanskoye oil field has been considered. Geological and geophysical characteristics of terigenous reservoirs have been determined. Lithologic-petrophysical models of reservoir of the Tula-Bobrikov sediments and the Alexin sediments of the Severo-Limanskoye oil field have been compiled. The regularity of the change in reservoir properties (porosity, effective thickness of beds) vertically and laterally in the reservoirs has been traced. The conclusion has been made about the need to use built models for carrying out successful drilling and mud logging.

Keywords: lithologic-petrophysical model, oil and gas reservoir, porosity, permeability, effective capacity.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-46-50>

Сегодня трудно себе представить успешное решение ряда геологических задач, возникающих в процессе бурения, без построения литолого-петрофизической модели разбуриваемого нефтегазоносного резервуара. Ранее нами были подробно рассмотрены задачи, решаемые с помощью литолого-петрофизического моделирования в процессе бурения, описана методика построения моделей [1], а также представлены первые резуль-

таты моделирования пластовых нефтегазоносных резервуаров, сложенных карбонатными отложениями [2]. В настоящей статье дается краткая литологическая и промыслово-геофизическая характеристика песчано-алевритовых отложений и описываются некоторые особенности терригенных нефтегазоносных резервуаров Северо-Лиманского месторождения, выявленные в результате литолого-петрофизического моделирования.

Северо-Лиманское месторождение расположено в пределах Лиманско-Западно-Ровенского сегмента бортовой зоны Прикаспийской впадины к северо-западу от полосы развития девонского рифового тренда. Месторождение относится к многопластовым и содержит залежи углеводородов в данково-лебединских, заволжско-малевских карбонатных, радаевских, бобриковских, тульских и алексинских терригенных отложениях.

Литология и коллекторские свойства терригенных отложений нижнего карбона Северо-Лиманского месторождения изучены достаточно хорошо по данным бурения скважин 2, 4, 5, 6, 8. Последние пробуренные скважины (13, 15, 21, 22 и др.) позволили получить новые аналитические материалы, которые дополняют и уточняют картину распределения фильтрационно-емкостных свойств указанных отложений.

Терригенные резервуары нижнекаменноугольного разреза Северо-Лиманского месторождения сложены весьма широким литологическим спектром пород: от песчано-алевритовых литофаций до карбонатных, залегающих в виде маломощных прослоев в глинистых пачках, что обусловило достаточно четкую дифференциацию показаний на диаграммах всех без исключения промыслово-геофизических методов.

По данным РК, в рассматриваемом интервале разреза значения наведенной активности варьируют от 4,5 усл. ед. (реже 5 усл. ед.) до 1,6–2 усл. ед. Максимальным разбросом значений характеризуется также естественная радиоактивность пород – от – 4–3 до 16–18 γ.

Согласно материалам электрокаротажа максимальные значения сопротивлений (500–1000 Ом · м, до 6000 Ом · м по БК) соответствуют прослоям плотных карбонатных пород, тогда как минимальные их величины (1–3 Ом · м по БК и ИК) свойственны глинистым породам и водонасыщенным пористым песчаникам. Вместе с тем на кривых ПС хотя и отражается глинистость пород, описываемые отложения дифференцируются слабо.



Комплексирование микрометодов (МЗ, МБК) с материалами РК (НГК, ГК) позволяет выделять границы глинистых прослоев (минимальные значения МЗ, МБК) и плотных непроницаемых пород (максимальные значения по диаграммам указанных методов). Приращения удельного электрического сопротивления на микрозонах являются основанием для выделения коллекторов.

Описываемые отложения неплохо дифференцируются на материалах акустического каротажа. При этом прослой плотных известняков характеризуются значениями $\Delta T = 160\text{--}170 \text{ мк} \cdot \text{с}$, а в коллекторских интервалах $\Delta T = 190\text{--}250 \text{ мк} \cdot \text{с}$. Для глинистых пород типичны максимумы ΔT .

Данные кавернометрии использованы для выделения коллекторов по сужению диаметра скважины. В мощных глинистых прослоях отмечаются каверны размером до 60 см, в связи с чем в этих прослоях выбираются минимальные значения $J_{\text{ны}}$ водородосодержащих опорных пластов для подсчета пористости.

Ниже мы рассмотрим литолого-петрофизические модели тульско-бобриковского и алексинского резервуаров.

Коллекторами бобриковского резервуара являются кварцевые песчаники от мелко- до среднезернистых, в разной степени глинистые, с каолинитово-гидрослюдистым поровым, пленочно-поровым, базально-поровым и базальным типами цементации. Неглинистые разновидности песчаников сцементированы вторичным кварцем.

Сведения по основным коллекторским параметрам нижнекаменноугольных (в том числе и бобриковских) песчаных пород Северо-Лиманского месторождения суммированы в таблице. Т. А. Югаем с соавторами обоснованы нижние пределы пористости и проницаемости гранулярных песчаных коллекторов этого возраста, равные, соответственно, 8,8% и 0,1 мд. Поэтому в таблице приведены данные по песчаникам, значения пористости и проницаемости которых превышают указанные.

Коллекторы бобриковского горизонта обладают максимальной проницаемостью (см. таблицу) при сравнительно невысоких средних значениях этого параметра. Скважиной 21 – Северо-Лиманской – на глубинах 3310–3312 м вскрыт буро-серый, видимо, продуктивный, среднезернистый, массивный неглинистый песчаник с пористостью 10,3% и проницаемостью 54 мд.

Литолого-петрофизические модели тульско-бобриковских отложений представлены на рис. 1, 2, на которых отчетливо выделяется от двух до трех песчаных пластов, выклинивающихся на западной периклинали структуры. Коллекторы с лучшей емкостью (15–20% по ГИС), представленные неглинистыми разностями песчаников, приурочены к нижнему пласту и располагаются в сводовой части структуры (скв. 8, 15) (см. рис. 1). Эти зоны разделены прослоем глинистого песчаника с резко сниженной пористостью по ГИС (скв. 13), однако являющегося коллектором порового типа. На восточной периклинали поднятия отмечается общее снижение пористости песчаников описываемого пласта (до 10–15%).

В основании верхнего пласта в своде структуры (скв. 8) залегает прослой слабоглинистого песчаника, вверх по разрезу сменяющийся неглинистым кварцевым песчаником. Этот пласт выклинивается на западной периклинали структуры, а на восточной распадается на два маломощных песчаных пропластка. Коллекторские свойства песчаников описываемого пласта по ГИС характеризуются достаточной однородностью (10–15%). По керну здесь отмечаются небольшие прослойки более плотных глинистых и окварцованных песчаников (скв. 8).

Суммарные эффективные мощности коллекторов бобриковского горизонта варьируют от 2 м (скв. 7, см. рис. 1) до 14 м (скв. 19, см. рис. 2). Повышение мощностей коллекторов, отмечающиеся в своде структуры, сопряжено с увеличением мощности песчаных пластов. Не исключено, что здесь развиты русловые песчаные литофации, отличающиеся хорошей сортировкой обломочного материала и практическим отсутствием седиментационно-диагенетических глинистых цементов, что определяет столь высокие коллекторские свойства. Напротив, распадение монолитовых песчаных пластов на серию маломощных пропластков отрицательно сказывается на фильтрационно-емкостных свойствах горных пород [3].

Залежь в бобриковских отложениях экранируется перекрывающей песчаники пачкой глинистых известняков.

Песчаники тульского горизонта представлены кварцевыми мелкозернистыми разностями, неглинистыми, а также слабоглинистыми со спорадически встречающимися карбонатными гнездами. Неглинистые песчаники окварцованы

Коллекторские свойства песчаников нижнего карбона Северо-Лиманского месторождения

Горизонт	Открытая пористость, %	Полезная статическая емкость, %	Потенциальный коэффициент нефтегазонасыщенности, %	Проницаемость, мд
Алексинский I	9,2–15,9/12,5	1–12,3/9,13	10,9–87,8/67,77	0,01–45,4/15,76
Алексинский II	8,1–15,2/12,52	0,6–13,9/9,48	7,4–88,6/71,15	0,01–260/60,18
Алексинский III	8,2–15,8/12,3	1,8–13,9/11,11	20–95,2/83,75	0,01–242/95,21
Тульский	8,6–16,3/12,5	1,8–14,4/8,8	19,1–87,7/67,6	0,43–692/101,4
Бобриковский	9,4–16,8/13,4	1,8–14,4/9,9	18,7–94,1/77,4	0,5–1806/155,4

Примечание. В числителе даны минимальное и максимальное значения, в знаменателе – среднее.

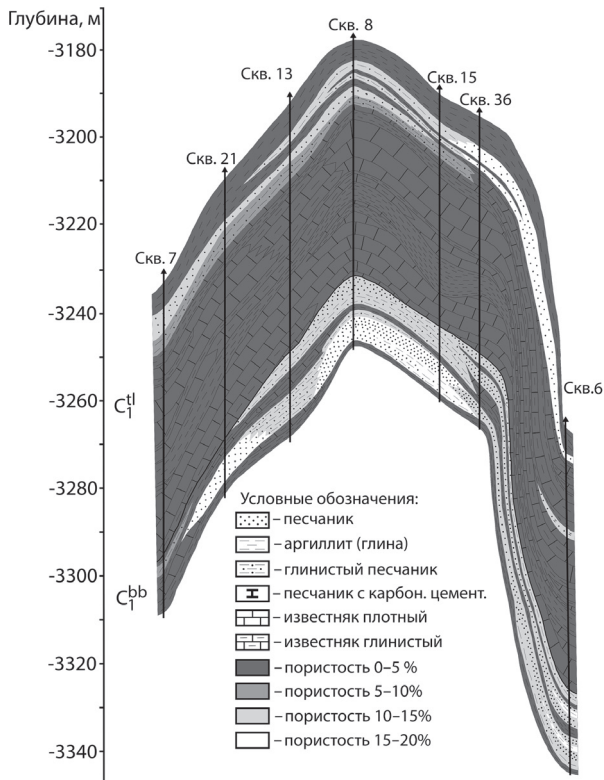


Рис. 1. Литолого-петрофизическая модель пластового резервуара тульско-бобриковских отложений Северо-Лиманского месторождения (профиль 1)

с образованием на межзерновых контактах вторичных конформных сочленений.

Коллекторские свойства тульских песчаников изучены по материалам скважин 2, 4, 5, 6, 8. Скважиной № 21 – Северо-Лиманской (гл. 3250–3255 м) – вскрыты продуктивные песчаники, фильтрационно-емкостные свойства которых (пористость 11,6–14,5%, полезная статическая емкость 11,3–13%, потенциальный коэффициент нефтенасыщенности 87,4–93,1%, проницаемость 92–352 мд) практически не отличаются от средних по месторождению (см. таблица). Ниже (гл. 3255–3261 м) залегают обводненные песчаники, пористость которых резко снижена (до 4,9%) как за счет наличия седиментационно-диагенетических глинистых цементов, так и за счёт катагенетической кальцитизации.

В сводовой части структуры в разрезе тульского горизонта выделяется два песчаных пласта (см. рис. 1, 2), верхний из которых содержит прослой аргиллитов мощностью 1,65–2 м. Нижний пласт развит на западной периклинали поднятия и выклинивается в восточной части свода. Пористость песчаников этого пласта, по данным исследования керна и ГИС, находится в пределах 10–15%. В подошвенной части пласта залегают глинистый песчаник пористостью 5–10%.

Верхний пласт, напротив, получил развитие в основном на восточной периклинали структуры, а в западной части свода выклинивается. Хорошо

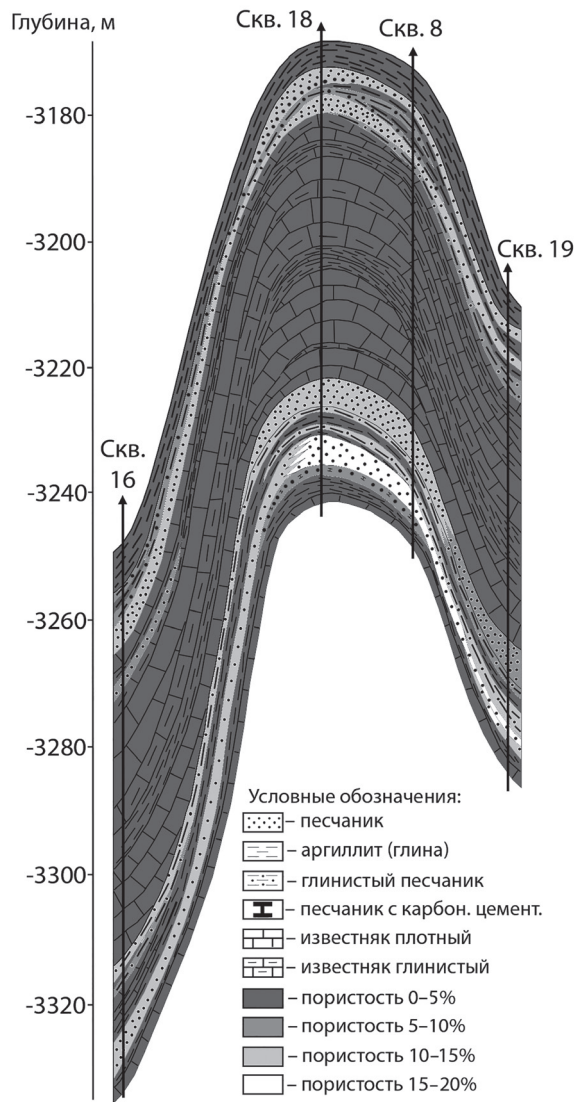


Рис. 2. Литолого-петрофизическая модель пластового резервуара тульско-бобриковских отложений Северо-Лиманского месторождения (профиль 2)

отсортированные неглинистые песчаники с наиболее высокой емкостью (15–20%) сосредоточены на периклинали структуры. В своде ввиду появления в песчаниках седиментационно-диагенетических глинистых цементов их емкость заметно снижается.

Суммарные эффективные мощности коллекторов тульского горизонта варьируются от 1,5 м (сква. 6) до 9,5 м (сква. 7). Повышение мощностей коллекторов параллельно с увеличением мощности песчаных пластов отмечается при движении от восточной и северо-восточной периклинали структуры к западной и юго-западной. Однако здесь с ростом мощности песчаников емкость не увеличивается, как в отложениях бобриковского горизонта.

Залежь в тульских песчаниках экранируется глинистой пачкой мощностью 8–10 м (сква. 13, 21). Однако наличие в этих аргиллитах примеси алевролитового материала снижает надежность данной покрышки.



В алексинских отложениях выделяется от двух до пяти песчаных продуктивных пластов. Однако, согласно полученным нами данным, верхние два пласта объединяются в один выдержанный по простиранию пласт, в верхней части обогащенный глинистым материалом (рис. 3, 4). Выдержанным является и отделенный от него снизу глинистым разделом второй пласт. Третий

пласт алексинского горизонта выклинивается к своду, замещаясь плотным непроницаемым сильно глинистым песчаником. Первый и второй пласты образуют пластовые сводовые ловушки, а третий – структурно-литологическую крыльевую.

Коллекторы алексинского горизонта (скважины 4, 5, 6, 7, 8, 21) представлены песчаниками кварцевыми мелкозернистыми, иногда среднелю-

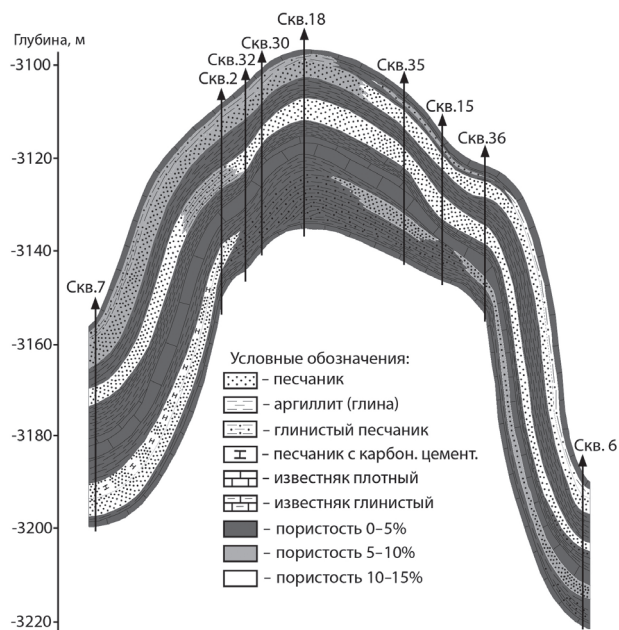


Рис. 3. Литолого-петрофизическая модель пластового резервуара алексинских отложений Северо-Лиманского месторождения (профиль 1)

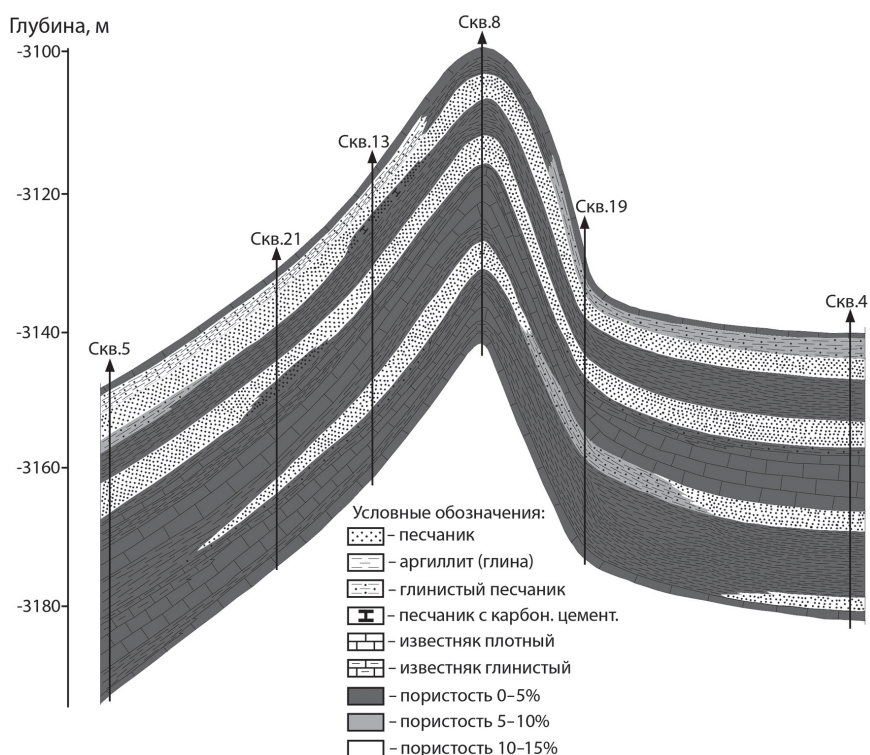


Рис. 4. Литолого-петрофизическая модель пластового резервуара алексинских отложений Северо-Лиманского месторождения (профиль 2)



зернистыми разностями со средней и плохой сортировкой обломочного материала. Они встречаются как малоцементные, так и содержащие значительное количество (до 35%) глинистого, карбонатно-глинистого и сульфатно-глинистого цемента. Основные цементирующие минералы – гидрослюда, каолинит, хлорит, кальцит, доломит, ангидрит.

Результаты определения коллекторских свойств алексинских песчаников по керну приведены в таблице. Следует отметить, что при одинаковых средних значениях открытой пористости песчаников другие коллекторские параметры снижаются вверх по разрезу горизонта. Это, по-видимому, связано с усложнением структуры порового пространства песчаников. Кроме того, замечено, что песчаники газонасыщенных интервалов разреза (скв. 8, гл. 3150–3155 м) имеют более высокие фильтрационно-емкостные свойства (пористость до 15,2%, проницаемость до 260 мд), чем их литологические аналоги из водонасыщенных интервалов (скв. 5, гл. 3184–3189 м, пористость до 13,9%, проницаемость до 87,8 мд).

Распределение коллекторских свойств в пределах пластов представляется достаточно сложным и обусловлено как первичными седиментациями, так и вторичными катагенетическими особенностями песчано-алевритовых пород.

Так, латеральное замещение неглинистых песчаников второго (скв. 2) и третьего (скв. 19) пластов глинистыми приводит к заметному снижению их коллекторских свойств с 10–15 до 5–10%. Обилие седиментационно-диагенетических глинистых цементов в песчаниках третьего пласта (скв. 18, 30, 32) в южной части свода структуры приводит к утрате ими свойств поровых коллекторов.

В северной части свода структуры (скв. 8) отмечается замещение верхней части первого песчаного пласта, сложенного умеренно глинистыми песчаниками, аргиллитами, что в значительной степени осложняет строение резервуара.

Среди катагенетических процессов наибольшее отрицательное влияние на коллекторские свойства оказывают окварцевание и кальцитизация. Плотный прослой окварцованного песчаника вскрыт скважинами 6 и 21 в нижней части второго продуктивного пласта. Прослой песчаников с карбонатными цементами, по данным ГИС, предполагаются в подошве первого (скв. 13) и кровле третьего (скв. 2, 7) пластов. Однако в этом

случае снижение пористости песчаников за счет карбонатной цементации промыслово-геофизическими методами не фиксируется.

Суммарные мощности коллекторов алексинского горизонта изменяются от 8,5 (скв. 18) до 19,5 м (скв. 7). Максимальные мощности коллекторов отмечаются на северо-восточной и юго-западной периклиналях, минимальные – в своде и на северной периклинали структуры.

Залежь в алексинских песчаниках экранируется пластом глинистых известняков, малая мощность которых (4–6 м) свидетельствует, по-видимому, о невысокой степени надежности этой покрышки. То же можно сказать и о глинистых прослоях между первым и вторым, вторым и третьим песчаными пластами ввиду их малой мощности.

Подводя итог, необходимо сделать следующие выводы:

– впервые составлена детальная литолого-петрофизическая модель резервуаров бобриковского, тульского и алексинского горизонтов;

– установлены некоторые закономерности пространственной локализации пород-коллекторов, изменения их качества по разрезу и в плане; зоны наилучших коллекторов чаще всего совпадают с зонами повышенных мощностей песчано-алевритовых литофаций;

– уточнены детали строения резервуаров в терригенных отложениях нижнего карбона и дана качественная оценка надежности покрышек над залежами.

Библиографический список

1. Головин Б. А., Головин К. Б., Калинин М. В., Кузнецов И. В., Руднев С. А. Перспективы геологического моделирования нефтегазоносных резервуаров в процессе бурения // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 110–117. DOI: 10.18500/1819-7663-201818-2-110-117
2. Головин Б. А., Головин К. Б., Калинин М. В., Руднев С. А. Литолого-петрофизическое моделирование нефтегазоносных резервуаров карбонатных отложений (на примере Северо-Лиманского месторождения) // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 265–272. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-265-272>
3. Морозов С. Н. Постседиментационные изменения и коллекторские свойства терригенных отложений подсолевого палеозоя западной бортовой зоны Прикаспийской впадины: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Саратов, 1981. 217 с.

Образец для цитирования:

Руднев С. А. Литолого-петрофизическое моделирование нефтегазоносных резервуаров терригенных отложений (на примере Северо-Лиманского месторождения) // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 46–50. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-46-50>

Cite this article as:

Rudnev S. A. Lithological and Petrophysical Modeling of Oil and Gas Reservoirs of Terigenous Deposits (on the Example of the Severo-Limanskoye oil Field). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 46–50 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-46-50>



УДК 504.064:614.7

Качество поверхностного стока с территории города Вольска

А. С. Шешнёв

Шешнёв Александр Сергеевич, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геоэкологии, доцент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, sheshnev@inbox.ru

Исследовано качество поверхностного стока, поступающего с территории города Вольска в Волгоградское водохранилище. Анализ проб вод в период весеннего максимума стока и его летне-осеннего минимума показал повышенную концентрацию всех определяемых показателей относительно рыбохозяйственных нормативов. В целях защиты Волгоградского водохранилища от загрязнения, а также соблюдения градостроительных и природоохранных норм необходима реализация комплекса мер по очистке бытовых и поверхностных стоков.

Ключевые слова: городской поверхностный сток, урбанизированные территории, Волгоградское водохранилище, Вольск.

The Quality of Surface Flow from the Territory of the Town of Volsk

A. S. Sheshnev

Aleksandr S. Sheshnev, <https://orcid.org/0000-0003-3566-8652>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, sheshnev@inbox.ru

The quality of surface flow coming from the territory of the town of Volsk to the Volgograd reservoir is investigated. The analysis of water samples during the spring runoff maximum and summer-autumn runoff minimum showed increased concentrations of all determined indicators relative to fishery standards. In order to protect the Volgograd reservoir from pollution and to comply with town-planning and environmental regulations, it is necessary to implement a set of measures to clean domestic and surface effluents.

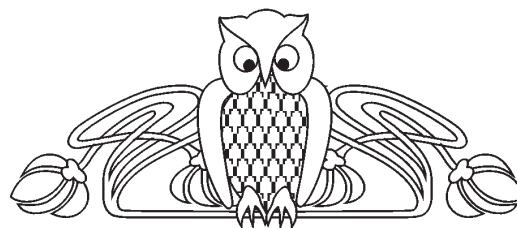
Keywords: urban surface flow, urbanized areas, the Volgograd Reservoir, Volsk.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-51-55>

Введение

Город Вольск расположен на северо-востоке Саратовской области, на правом берегу Волгоградского водохранилища. Численность населения составляет 62 тыс. человек. Система централизованного бытового канализационного водоотведения селитебных зон города не оснащена очистными сооружениями.

Основная часть территории Вольска за исключением северо-восточной и юго-западной окраин дренируется двумя малыми реками – Верхней и Нижней Малыковками, которые впадают в Волгоградское водохранилище. В эти реки поступают без очистки часть городских бытовых



канализационных стоков и после очистки сточные воды промышленных предприятий. Гидрохимические исследования Верхней Малыковки, выполненные в 2009 г., выявили загрязнение вод малой реки по ряду компонентов и удручающее санитарное состояние [1]. Учитывая современные градостроительные и природоохранные требования, подобная ситуация представляется опасной как для объектов окружающей среды, так и для здоровья населения. Сточные воды, содержащие хозяйственно-бытовые отходы, служат резервуаром для вирусных инфекций [2]. В береговой полосе приемных бассейнов происходит накопление значительного объема загрязненных донных отложений, представляющих скрытый экотоксический риск для водных экосистем [3, 4].

Проблемы с обеспечением необходимого качества водного стока с территории городов Саратовского Поволжья ограничивают возможности использования береговой полосы в градостроительных целях [5, 6].

Цель статьи – исследование качества водного стока, поступающего с территории города Вольска в Волгоградское водохранилище, в условиях отсутствия водоочистки канализационных бытовых стоков.

Особенности организации водоотведения

Городские очистные сооружения канализации в Вольске до последнего времени отсутствовали. Стоки по трем водовыпускам без очистки сбрасывались в малые реки – Верхнюю и Нижнюю Малыковки, а по ним в Волгоградское водохранилище. Функционировали лишь локальные очистные сооружения бытовых стоков в поселке Большевик проектной производительностью 7000 м³/сут, фактической производительностью 4200 м³/сут. На территории некоторых промышленных предприятий имеются автономные очистные сооружения. В 2019 г. введена первая очередь канализационных очистных сооружений, что должно улучшить качество вод Нижней Малыковки.

На балансе ГУП СО «Облводоресурс» – «Вольский» находятся канализационные сети и сооружения. Из них 8 насосных станций, одно очистное сооружение и 42,42 км канализационных сетей (напорных и самотечных). Канализационные сети настолько изношены, что существует постоянная угроза загрязнения хозяйственно-бытовыми стоками прилегающей территории. Численность населения, обеспеченного централи-



зованной канализацией, по данным ГУП СО «Облводоресурс» – «Вольский», составляет 31,5 тыс. человек, т. е. около 50 % [7].

Пропускная способность имеющихся коллекторов не удовлетворяет потребности населения. Ввиду полного физического износа существующих коллекторов и их отсутствия в некоторых микрорайонах населенного пункта происходит излив нечистот на поверхность земли. Таким образом, возрастает угроза возникновения и распространения опасных заболеваний среди местного населения. В устьевых частях малых рек установлены сооружения для механической очистки стока (рис. 1).

Городская ливневая канализация имеется только на двух небольших участках в центральной части Вольска, по которым сток направляется в Волгу через набережную. На территории Вольска существуют объекты накопленного экологического вреда в береговой полосе. К ним в первую очередь относятся нерекультивированные площадки ликвидированных промышленных предприятий, которые систематически загрязняют волжские воды нефтепродуктами [8].

Методы исследований

Проведено маршрутное обследование малых рек Верхней и Нижней Малыковок с картографированием притоков естественного и техногенного происхождения. Отбор двух проб вод выполнен в устьях рек перед впадением в Волгоградское водохранилище в соответствии

с общими требованиями [9]. Аналитические исследования выполнены в лаборатории геоэкологии Саратовского университета. Определяемые вещества относятся к трем классам опасности: 2-му – высокоопасные (нитриты); 3-му – умеренно опасные (железо общее, медь, цинк); 4-му – малоопасные (сульфаты, азот аммония, нефтепродукты).

Отбор проб выполнен 2 мая и 26 августа 2019 г. Анализ качества вод проведен с учетом водопользования. Поскольку Волгоградское водохранилище как водный объект волжского бассейна имеет рыбохозяйственное значение и является источником централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, то оценка качества вод проводится по двум критериям: 1) соответствие нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения; 2) соответствие гигиеническим требованиям к качеству вод водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Водосборные бассейны находятся в схожих функциональных зонах, где представлена разноэтажная селитебная застройка. В бассейне Верхней Малыковки расположены промышленные предприятия ООО «Завод Metallist», АО «Вольский механический завод», Центральная районная больница. Особенности производства промышленных предприятий определяют возможность поступления в сточные воды специфических загрязнителей, в том числе тяжелых металлов. В бассейне Нижней Малыковки к специфическим объектам воздействия относятся



Рис. 1. Устье малой реки Верхней Малыковки (фото А. С. Шешнёва, 2019 г.)



ООО «Плодовое-2009», имеющее сельскохозяйственную специализацию, и ОАО «Гормолзавод Вольский».

Результаты и их обсуждение

Водный сток исследуемых малых рек формируется из трех основных источников: разгрузка родниками водоносных горизонтов, сток атмосферных осадков с городской территории, поступление канализационных бытовых и промышленных стоков. Расход воды в местах притока канализационных стоков резко увеличивается, что особенно четко проявляется в летний период с визуально фиксируемыми суточными колебаниями ее уровня. Руслу и берега рек на многих участках захламлены бытовым мусором.

Исследование Верхней Малыковки в 2009 г. показало повышенную концентрацию в устье реки веществ биогенного происхождения, что, вероятно, обусловлено притоком канализационных стоков [1]. Устья малых рек образуют заливы Волгоградского водохранилища. Повышенное

содержание взвешенных веществ, загрязненных органическими соединениями, четко фиксируется визуально по обилию в береговой полосе Волгоградского водохранилища серо-зеленых донных отложений, обнажающихся при суточном колебании уровня вод.

Схема расположения полигонов исследования приведена на рис. 2, результаты химического анализа проб воды представлены в таблице.

Период весеннего максимума стока

Содержание железа превышает ПДК_{рыб} в 3,4–3,7 раза, ПДК_{хоз} – в 1,13–1,23 раза.

Концентрация сульфатов превышает ПДК_{рыб} в 1,08–1,14 раза, но находится в пределах ПДК_{хоз} (0,216–0,228).

Содержание нитритов в водах Верхней Малыковки в 6 раз больше (30 ПДК_{рыб}, 0,73 ПДК_{хоз}), чем в Нижней (5 ПДК_{рыб}, 0,12 ПДК_{хоз}).

Концентрация азота аммония на уровне 1,95–3,4 ПДК_{рыб}, 0,52–0,91 ПДК_{хоз}.

Содержание нефтепродуктов на уровне 6–8 ПДК_{рыб}, 1,0–1,33 ПДК_{хоз}.

Концентрация меди на уровне 580–1000 ПДК_{рыб}, 0,58–1,0 ПДК_{хоз}.



Рис. 2. Расположение точек опробования поверхностных вод: пунктиром показаны границы водосборных бассейнов; точки опробования: 1 – устье р. Нижней Малыковки; 2 – устье р. Верхней Малыковки



Результаты химического анализа проб воды в весенний и летне-осенний периоды

Показатель, мг/л	Место отбора проб				ПДК	
	Нижняя Малыковка		Верхняя Малыковка		Рыбхоз [10]	Хозбыт [11]
	Весенний период	Летне-осенний период	Весенний период	Летне-осенний период		
Железо общее	0,34	0,27	0,37	0,24	0,1	0,3
Сульфаты	108	127	114	100	100	500
Нитриты	0,4	0,03	2,4	1,9	0,08	3,3
Азот аммония	0,78	отс.	1,36	0,93	0,4	1,5
Нефтепродукты	0,4	отс.	0,3	0,15	0,05	0,3
Медь	0,58	0,58	1	0,7	0,001	1
Цинк	0,4	0,06	0,65	0,27	0,01	1

Содержание цинка на уровне 40–65 ПДК_{рыб}, 0,4–0,65 ПДК_{хоз}.

Содержание загрязняющих веществ в водах Верхней Малыковки выше, чем в водах Нижней Малыковки, по всем исследованным показателям, кроме нефтепродуктов. Подобная картина связана с более высокой техногенной нагрузкой в долине Верхней Малыковки.

Содержание определяемых загрязняющих веществ в водах обеих малых рек превышает ПДК_{рыб}, в связи с чем их сток наносит ущерб экосистеме Волгоградского водохранилища как объекта рыбохозяйственного значения.

По отношению к ПДК_{рыб} анализируемые показатели образуют следующие ряды (по возрастанию):

Верхняя Малыковка: сульфаты (1,14) – азот аммония (3,4) – общее железо (3,7) – нефтепродукты (6) – нитриты (30) – цинк (65) – медь (1000);

Нижняя Малыковка: сульфаты (1,08) – азот аммония (1,95) – общее железо (3,4) – нитриты (5) – нефтепродукты (8) – цинк (40) – медь (580).

Небольшое превышение ПДК_{хоз} в обеих водотоках зафиксировано по общему железу, а в Нижней Малыковке – по нефтепродуктам, что ухудшает гигиенические условия хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования в Волгоградском водохранилище. В водах Верхней Малыковки на уровне 1 ПДК_{хоз} находятся нефтепродукты и медь.

По отношению к ПДК_{хоз} анализируемые показатели образуют следующие ряды (по возрастанию):

Верхняя Малыковка: сульфаты (0,23) – цинк (0,65) – нитриты (0,73) – азот аммония (0,91) – нефтепродукты, медь (1) – общее железо (1,23);

Нижняя Малыковка: нитриты (0,12) – сульфаты (0,22) – цинк (0,4) – азот аммония (0,52) – медь (0,58) – общее железо (1,13) – нефтепродукты (1,33).

Период летне-осеннего минимума стока

Содержание железа превышает ПДК_{рыб} в 2,4–2,7 раза, находясь на уровне 0,8–0,9 ПДК_{хоз}.

Концентрация сульфатов на уровне 1–1,14 ПДК_{рыб}, 0,2–0,25 ПДК_{хоз}.

Содержание нитритов в водах Верхней Малыковки в 63 раза больше (23,75 ПДК_{рыб}, 0,58 ПДК_{хоз}), чем в Нижней (0,38 ПДК_{рыб}, 0,01 ПДК_{хоз}).

Азот аммония в водах Нижней Малыковки не обнаружен, его концентрация в Верхней Малыковке на уровне 2,33 ПДК_{рыб} и 0,62 ПДК_{хоз}.

Нефтепродукты в водах Нижней Малыковки не обнаружены, их концентрация в Верхней Малыковке составляет 3 ПДК_{рыб}, 0,5 ПДК_{хоз}.

Концентрация меди на уровне 580–700 ПДК_{рыб}, 0,58–0,7 ПДК_{хоз}.

Содержание цинка на уровне 6–27 ПДК_{рыб}, 0,06–0,27 ПДК_{хоз}.

Содержание загрязняющих веществ в водах Верхней Малыковки выше, чем в водах Нижней Малыковки, по всем исследованным показателям, кроме сульфатов и общего железа. Азот аммония и нефтепродукты в водах Нижней Малыковки не обнаружены.

По отношению к ПДК_{рыб} анализируемые показатели образуют следующие ряды (по возрастанию):

Верхняя Малыковка: сульфаты (1) – азот аммония (2,33) – общее железо (2,4) – нефтепродукты (3) – нитриты (23,75) – цинк (27) – медь (700).

Нижняя Малыковка: азот аммония, нефтепродукты (0) – нитриты (0,375) – сульфаты (1,27) – общее железо (2,7) – цинк (6) – медь (580).

В водах Нижней Малыковки все показатели находятся в пределах ПДК_{хоз}. В водах Верхней Малыковки азот аммония превышает ПДК_{хоз} (2,33 ед.).

По отношению к ПДК_{хоз} анализируемые показатели образуют следующие ряды (по возрастанию):

Верхняя Малыковка: сульфаты (0,2) – цинк (0,27) – нефтепродукты (0,5) – нитриты (0,58) – медь (0,7) – общее железо (0,8) – азот аммония (2,33);

Нижняя Малыковка: азот аммония, нефтепродукты (0) – нитриты (0,01) – цинк (0,06) – сульфаты (0,25) – медь (0,58) – общее железо (0,9).



Выводы

По результатам выполненных работ установлено:

– на территории Вольска отвод поверхностных и канализационных вод осуществляется без очистки по малым рекам Верхней и Нижней Малыковкам в Волгоградское водохранилище;

– анализ проб вод показал повышенную концентрацию всех определяемых показателей относительно рыбохозяйственных нормативов. Хозяйственно-питьевые нормативы превышены в весенний период по общему железу и нефтепродуктам;

– в целях защиты малых рек и Волгоградского водохранилища от загрязнения, а также соблюдения градостроительных и природоохранных норм необходима реализация комплекса мер по очистке поверхностного стока и недопущению поступления канализационных стоков в Волгу.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (проект № МК-5758.2018.5).

Библиографический список

1. Воронина М. К., Шешнёв А. С. Геоэкологическое состояние долины Верхней Малыковки // Недра Поволжья и Прикаспия. 2010. Вып. 62. С. 76–84.
2. Недачин А. Е., Дмитриева Р. А., Доскина Т. В., Долгин В. А., Чуланов В. П., Пименов Н. Н. Сточные воды как резервуар возбудителей кишечных вирусных инфекций // Гигиена и санитария. 2015. № 7. С. 37–40.
3. Fanny C., Virginie A., Jean-François F., Jonathan B., Marie-Claude R., Simon D. Benthic indicators of sediment quality associated with run-of-river reservoirs // Hydrobiologia. 2013. Vol. 703. P. 149–164.
4. Liu A., Ma Y., Gunawardena J. M.A., Egodawatta P., Ayoko G. A., Goonetilleke A. Heavy metals transport pathways: The importance of atmospheric pollution contributing to stormwater pollution // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2018. Vol. 164. P. 696–703.
5. Шешнёв А. С. Город и Волга: экологические аспекты освоения прибрежной зоны Саратова и Вольска // Недра Поволжья и Прикаспия. 2019. Вып. 99. С. 82–88.
6. Шешнёв А. С., Ерёмин В. Н., Решетников М. В. Качество водного стока ливневой дренажной сети на территории Саратова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2018. № 3. С. 108–118.
7. Об утверждении Схемы водоснабжения и водоотведения муниципального образования город Вольск : постановление администрации Вольского муниципального района от 22.11.2013 г. № 2486 [Электронный ресурс]. URL: <https://saratov-gov.ru/doc/71724> (дата обращения: 17.06.2019).
8. Шешнёв А. С., Ерёмин В. Н., Решетников М. В. Загрязнение нефтепродуктами вод Волгоградского водохранилища и почв в районе ликвидированного цементного завода (г. Вольск Саратовской области) // Геоэкология. 2016. № 5. С. 420–426.
9. ГОСТ 31861–2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М. : Стандартинформ, 2013. 32 с.
10. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552. М. : Минсельхоз РФ, 2016. 153 с.
11. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М. : Минздрав России, 2003. 154 с.

Образец для цитирования:

Шешнёв А. С. Качество поверхностного стока с территории города Вольска // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 51–55. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-51-55>

Cite this article as:

Sheshnev A. S. The Quality of Surface Flow from the Territory of the Town of Volsk. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 51–55 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-51-55>



УДК [567.1/5:551.736](282.247.41/42)

Ихтиофауна в опорных разрезах средней и верхней перми Восточной Европы. Комплексы и зональная шкала. Статья 2. Бассейн Волги и Урала

А. В. Миних, **М. Г. Миних**, С. О. Андрушкевич

Миних Алла Васильевна, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий инженер регионального музея Землеведения, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, a.v.minih@mail.ru

Миних Максим Георгиевич, доктор геолого-минералогических наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

Андрушкевич Станислав Олегович, заведующий лабораторией геммологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, geostone@bk.ru

Ревизован материал по ихтиофауне средней и верхней перми Восточной Европы. Новые таксоны рыб в опорных разрезах бассейнов Волги и Урала существенно расширили состав комплексов. Прослежено стратиграфическое и географическое распространение рыб. Предложена уточненная зональная шкала средней и верхней перми Восточной Европы по ихтиофауне.

Ключевые слова: средняя и верхняя пермь, ярус, ихтиофауна, Северная Двина, Волга, Вятка, Урал, Восточная Европа, местонахождение, комплексы, типовые разрезы, зональная шкала.

Ichthyofauna from the Key Sections of the Middle and Upper Permian of Eastern Europe. Complexes and Zonal Scale. Paper 2: Basin of the Volga and the Ural Rivers

A. V. Minikh, **M. G. Minikh**, S. O. Andrushkevich

Alla V. Minikh, <http://orcid.org/0000-0003-1144-5278>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, a.v.minih@mail.ru

Maksim G. Minikh, <http://orcid.org/0000-0002-9595-0679>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Stanislav O. Andrushkevich, <http://orcid.org/0000-0001-9791-5765>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, geostone@bk.ru

Material on ichthyofauna from the Middle and Upper Permian of Eastern Europe was revised. New fish taxa from the Permian key sections of the basin of the Volga and the Ural Rivers significantly expanded composition of the complexes. The stratigraphic and geographical distribution of fish has been traced. A more precise zonal scale of the Middle and Upper Permian of the Eastern Europe based on ichthyofauna has been proposed.

Keywords: Middle and Upper Permian, stage, ichthyofauna, the Severnaya Dvina, the Volga, the Vyatka, the Ural, Eastern Europe, location, complexes, key sections, zonal scale.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-56-63>



Окончание.

Начало см.: 2018. Т. 18, вып. 3. С. 184–193.

Введение

Построение зональной схемы средней и верхней перми Восточной Европы по ихтиофауне связано с некоторыми ограничениями. В основном это наличие перерывов в разрезах либо отсутствие сборов рыб в пограничных отложениях стратиграфических подразделений. Предложенная ранее авторами зональная ихтиофаунистическая схема перми Восточно-Европейской платформы, включающая уфимский (ныне относится к нижней перми), казанский и уржумский ярусы средней перми, северодвинский и вятский ярусы верхней перми [1], требует пересмотра в связи с появлением за последние два десятилетия новых данных.

Основная часть

Как уже отмечалось в предыдущей статье, посвященной данной тематике [2], главное внимание важно было уделить пермским образованиям в бассейнах рек Северная Двина и Волга, где в стратотипических и опорных разрезах ярусов перми прослеживается непрерывность напластования. Ряд таких мест, содержащих характерные комплексы рыб, сосредоточен и в Южном Приуралье, а именно в бассейне реки Урал. Краткая история исследования ихтиофауны Восточной Европы и несколько более детальная в бассейне Северной Двины изложена в работе [2].

Традиционно в европейской части России стратотипическим разрезом средней перми, а также вятского яруса верхней перми было принято считать разрез на р. Вятка, правом притоке р. Кама [3]. Однако остатки рыб здесь распределены крайне неравномерно и их сохранность не всегда достаточна для точного таксономического определения. Тем не менее мы считаем целесообразным упомянуть здесь несколько местонахождений с характерными видами рыб казанского и уржумского возраста, вошедших в зональную схему средней и верхней перми по ихтиофауне [1]. Это местонахождения Рожки и Шихово-Чирки с **зональным позднеказанским видом *Kargalichthys pritokensis* Minich**, Воробьи, Рожки и Шихово-Чирки с *Kazanichthys golyushermensis* Esin, *Acropholis ?stenioei*



Aldinger и *Elonichthys cf. punctatus* Aldinger, а также Акбатыровский рудник с *Palaeoniscum kasanense* Gein. et Vetter. Еще три вида рыб – *Kazanichthys viatkensis* Esin, *Samarichthys nikolaevae* (Esin) и *Platysomus biarmicus* Eichw. – обнаружено на Вятке только в местонахождении Шихово-Чирки. При этом *Platysomus biarmicus* получил широкое распространение в уржумском ярусе средней перми на всей территории Восточно-Европейской платформы.

В местонахождении уржумского возраста Повойска на Вятке присутствуют типичные для этого стратиграфического уровня виды *Kichkassia furkae* Minich, *Kargalichthys efremovi* Minich, *Lapkosubia uranensis* A. Minich и *L. barbalepis* A. Minich.

В правобережье Волги в Татарстане давно известен доступный для изучения непрерывный **разрез биармийского отдела средней перми – от нижнеказанского подъяруса до низов северодвинского яруса**. Он тянется от устья р. Свияга вниз по реке по береговым обрывам через знаменитые (и хорошо изученные геологами) разрезы казанского яруса и пограничные с ним отложения уржумского яруса в окрестностях с. Печищи и далее до г. Тетюши [4, 5]. Берег прорезают многочисленные овраги. В наиболее крупных из них – Черемушка, Монастырский, Параллельный и Ключевской – склоны прекрасно обнажены.

К сожалению, породы **казанского яруса** здесь недостаточно хорошо опробованы на содержание ихтиофауны. Спорадически встречающиеся в разрезе костные остатки хрящевых рыб – изолированные зубы акул и зубные пластины цельноголовых, а также редкие ихтиолиты и еще более редкие скелеты лучеперых [5–8] – не дают возможности использовать ихтиофауну в зональной схеме этого региона в полной мере. В связи с этим авторами в конце прошлого века были использованы данные по рыбам казанского возраста из разрезов перми всей территории Европейской России, скоррелированных между собой с использованием других ископаемых групп фауны [1].

Выделенные по лучеперым рыбам ихтиофаунистические зоны, охватывающие нижнеказанский (зона *Koinichthys ivachnenkoi*) и верхнеказанский (зона *Kargalichthys pritokensis*) подъярусы, на настоящий момент оставляем без изменений, так как новых данных по рыбам казанского яруса у нас пока не появилось. Зоны составлены по **комплексу** местонахождений рыб казанского возраста европейской части России [9–11]. Это местонахождения ихтиофауны в бассейнах рек Волга, Кама, Пинега, а также Усть-Коин на р. Вымь и на полуострове Канин [11]. Типовые разрезы **зоны *Koinichthys ivachnenkoi*** расположены по р. Кама у с. Голошерма и по р. Вымь в Коми Республике. Типовые разрезы **зоны *Kargalichthys pritokensis*** находятся в бассейне Волги в разрезах

р. Кормяжка (приток р. Дёмы) в Александровском районе Оренбургской обл. [12], на р. Пинега у д. Нельнюга Архангельской области и у д. Печищи в Татарстане [1].

В составе **зоны *Koinichthys ivachnenkoi***, кроме характерных для нее видов ихтиофауны *Kazanichthys golyushermensis* Esin, *Acropholis stensioei* Aldinger, *Acropholis kamensis* Esin, *Koinichthys ivachnenkoi* Esin, обнаружено несколько видов рыб, встречающихся и в местонахождениях позднеказанского возраста. Это лучепёрые рыбы *Elonichthys contortus* Esin, *Boreolepis ?jenseni* Aldinger, *Kargalichthys sp.*, *Nadteyichthys sp.*, *Platysomus sp.*, *Palaeoniscum kasanense* [9] и акуловые *Pinegocaptus rosanovi* (A. Minich).

У д. Печищи в типовом разрезе верхнеказанского подъяруса комплекс ихтиофауны (**зона *Kargalichthys pritokensis***) составляют лучеперые рыбы *Palaeoniscum kasanense*, *Platysomus soloduchi* Minich, *P. sp.* и *Elonichthys sp.*, а также акуловые «*Ctenacanthus*» *volgensis* A. Minich. Зубные пластинки цельноголовых рыб, найденные нами в окрестностях с. Печищи (пачка «серый камень» из отложений «нижнего мыльника» в Телеграфном овраге), ранее были определены А. В. Миних как *?Myriacanthus sp.*, а затем перепреопределены Е. В. Поповым как *?Deltoptychius sp.* [8]. В верхах казанского яруса присутствуют мелкие чешуи рыб из семейства Euryonotoiidae [7, 13]. Чешуйные ихтиолиты этого же семейства рыб встречаются на разных уровнях разреза в овраге Черемушка, что выше д. Печищи. Здесь в непрерывном залегании казанские отложения перекрываются (через глинисто-мергельную «переходную» пачку) уржумским ярусом, где из рыб определены только чешуи эуринотоидиид *Lapkosubia ?uranensis* A. Minich.

Находки ихтиофауны, относящейся к позднеказанскому комплексу в бассейне Волги, известны в карьерах г. Альметьевска в Татарстане, где обнаружены цельносkeletalные остатки лучеперых рыб *Kasanilepis chupaevensis* A. Minich, *Platysomus soloduchi* Minich и ихтиолиты акул из отряда Hybodontiformes gen. ind. В Оренбуржье (местонахождения Сарай-Гир, Притокский на р. Кормяжка, Старый Казлаир и др.) ихтиокомплекс, кроме *Platysomus soloduchi* Minich, включает *P. bashkirus* Minich, *Kazanichthys viatkensis* Esin и **зональный позднеказанский вид *Kargalichthys pritokensis* Minich**.

Как можно убедиться, все перечисленные выше позднеказанские местонахождения содержат близкий по составу комплекс ихтиофауны.

В Поволжье наиболее полно ихтиофауной охарактеризованы **уржумские отложения средней перми**. Детально изучены и опробованы А. К. Гусевым [14], В. В. Силантьевым, Д. Н. Есиным [15], авторами настоящей статьи [16] и другими специалистами [5] насыщенные разнообразной ископаемой органикой слои



в опорном разрезе уржумского яруса и нижней части северодвинского яруса в Монастырском овраге. Овраг расположен на правом берегу р. Волги в 12 км выше г. Тетюши в Татарстане. Обнажающиеся здесь породы залегают над казанским ярусом, который в настоящее время скрыт водами Куйбышевского водохранилища, венчают разрез уржумского яруса биармийского отдела средней перми и в непрерывном напластовании сменяются северодвинским ярусом. Впервые в истории изучения разрезов данного стратиграфического интервала с достаточной степенью детальности в 2009 г. был обоснован по ихтиофауне граничный интервал уржумского и северодвинского ярусов в верхней части третьей свиты Н. Н. Форша [16].

В нижних слоях уржумского яруса (включая практически всю первую свиту по Н. Н. Форшу и А. К. Гусеву [14]) в Монастырском овраге ихтиофауна не была обнаружена. В. В. Силантьев и Д. Н. Есин [15] впервые ее обнаружили в самых верхах первой свиты упомянутого яруса. Отсюда Д. Н. Есиным определены *Amblypterina* (ныне *Eurynotoides*) *costata* (Eichw.), *Palaeoniscum kasanense*, *P. ?tschevkinii* Fisch, *P. sp.* и *Elonichthys sp.*

Вторая свита содержит несколько костеносных слоев, в которых Д. Н. Есиным и нами были обнаружены и определены ихтиолиты уржумского комплекса рыб: *Eurynotoides costata*, *Kichkassia furcae* Minich, *K. sp.*, *Platysomus biarmicus* Eichw., *Varialepis orientalis* (Eichw.), *V. bergi* A. Minich, *Palaeoniscum cf. kasanense*, *Elonichthys sp.*, *Kargalichthys sp.* и *?Uranichthys sp.* Встречены зубы акул.

В нижней половине третьей свиты на нескольких уровнях присутствуют чешуи и зубы лучеперых рыб *Kichkassia furcae*, *K. sp.*, *Platysomus biarmicus*, *P. sp.*, *Lapkosubia ?uranensis* A. Minich, *Varialepis sp.*, челюстные и кожные зубы акул *Xenosynechodus egloni* Glückman и *X. sp.* Комплекс рыб характеризует первую, вторую и нижнюю половину третьей свиты в Монастырском овраге и соответствует зоне *Platysomus biarmicus*, выделенной нами в бассейне Северной Двины [2]. Типовым разрезом зоны в бассейне Волги является разрез в Монастырском овраге в Татарстане.

В верхней половине третьей свиты, в светло-голубовато-серых тонкослоистых плитчатых известняках нами определены скелеты *Platysomus biarmicus* и *Varialepis bergi*. Кроме того, Д. Н. Есиным дополнительно определены кости *Kargalichthys efremovi* Minich, *Eurynotoides costata* и зубы акул *Xenosynechodus sp.* В Ключевском овраге на этом же уровне сотрудниками НИИ геологии СГУ М. Г. Миних и В. П. Твердохлебовым в 80-е годы прошлого века в известняках найдены скелеты *Lapkosubia barbalepis* A. Minich, *L. uranensis*, *Varialepis ?bergi*, фрагмент чешуйного покрова *Samarichthys ?luxus* A. Minich и чешуи

Uranichthys pretoriensis A. Minich. В Монастырском овраге присутствуют также *Uranichthys pretoriensis*, *U. sp.* и *Varialepis ?stanislavi* A. Minich. Приведенный состав ихтиофауны соответствует новой зоне *Kargalichthys efremovi* – *Uranichthys pretoriensis*. Типовым разрезом зоны также является разрез в Монастырском овраге.

Знаменательно, что перечисленные таксоны рыб, характеризующие отложения верхней части уржумского яруса в упомянутых оврагах правобережья Волги, изобилуют на этом же стратиграфическом уровне в разрезах Общего Сырта в Оренбургской области. Они присутствуют в многочисленных местонахождениях в бассейнах крупных и мелких притоков р. Самара, левого притока Волги. Это местонахождения, открытые в основном саратовскими геологами из НИИ геологии СГУ в разные годы XX века: Кичкасс, Ибряево, Яшкино-1 и Яшкино-2, Плешаново, Пилюгино и многие другие, о которых уже неоднократно упоминалось в литературе [13, 17, 18, 19].

В полной мере комплекс представлен в местонахождениях Кичкасс и Яшкино, причем в последнем наблюдается непрерывный разрез верхов аманакской свиты уржумского яруса средней перми и нижней части малокинельской свиты северодвинского яруса верхней перми. Слои насыщены остатками ихтиофауны, в большей степени остракодами, по всему разрезу большой мощности. С послыйным списочным составом ихтиофауны, остракод, а также с анализом палеомагнитных исследований можно ознакомиться в работах [20, 21, 22].

Уржумский комплекс рыб в местонахождении Кичкасс состоит из *Kargalichthys efremovi*, *Platysomus biarmicus*, *Varialepis bergi*, *Samarichthys luxus* A. Minich, *Lapkosubia uranensis*, *L. barbalepis*, *Kichkassia furcae*, *Uranichthys pretoriensis*, *Discordichthys spinifer* A. Minich, *Mamulichthys ignota* A. Minich, *Strelnia sp.*, *Xenosynechodus sp.* При этом большинство из видов представлены скелетами рыб хорошей степени сохранности. Комплекс рыб, как можно убедиться, характерен для новой ихтиофаунистической зоны *Kargalichthys efremovi* – *Uranichthys pretoriensis* [2]. Сходные комплексы рыб или характерные для уржумского яруса виды рыб обнаружены в местонахождениях Яшкино-1, Алатай, Старобогдановка, Безводовка-1, Сухая Речка, Утяево и др. в бассейне Волги. Близкий по составу ихтиокомплекс (за исключением *Kargalichthys*, *Samarichthys* и *Mamulichthys*), как известно, присутствует в нижеустьинской и сухонской свитах в опорном разрезе средней и верхней перми на р. Сухоне, левом притоке Северной Двины [2].

Таким образом, типовым разрезом для нижней части уржумского яруса в Татарстане является Монастырский овраг с зональным видом *Platysomus biarmicus*. Для верхней части



уржумского яруса выделяется новая зона с двумя зональными видами *Kargalichthys efremovi* и *Uranichthys pretoriensis* с типовым разрезом в верхней части уржумского яруса в Монастырском овраге. В бассейне Волги в Оренбуржье типовыми разрезами новой зоны *Kargalichthys efremovi* – *Uranichthys pretoriensis* являются Яшкино и Кичкасс.

Северодвинский ярус в бассейне Волги достаточно хорошо охарактеризован ихтиофауной, но, к сожалению, не в полном объеме. В нижней части яруса в Монастырском овраге Татарстана нами определены *Isadia suchonensis* A. Minich, *Suchonichthys molini* A. Minich, *Uranichthys sp.*, *Platysomus sp.*, *Lapkosubia ?uranensis* A. Minich, *Kargalichthys ex gr. efremovi* Minich и *K. sp.*, *Kichkassia furcae* Minich, т. е. рыбы, входящие в тойемиевский суперкомплекс [2, 16]. В местонахождении Яшкино-2, в Самарско-Оренбургском Заволжье, в нижней части яруса удалось зафиксировать рыб, принадлежащих северодвинскому комплексу: *Toyemia tverdochlebovi* Minich, *Isadia suchonensis*, *Varialepis stanislavi* и *Strelnia certa* A. Minich. Из уржумских форм здесь определены только единичные остатки ихтиолитов *Platysomus sp.*, да и то практически в подошве обнажения. Приведенный комплекс рыб из нижней половины северодвинского яруса соответствует выделяемой нами ихтиофаунистической подзоне *Toyemia tverdochlebovi* – *Strelnia certa*. **Типовыми разрезами** подзоны являются верхняя часть обнажения в Монастырском овраге в Татарстане и разрез Яшкино-2 в Оренбургской области.

На Общем Сырте северодвинские отложения богаты находками рыб в местонахождениях Бабинцево, Бабинцево Ю-В, Плешаново-2, Балейка, Коптяжево-1, -2, -3, Красная Горка и многих других.

Из них наиболее полно изучен разрез северодвинского яруса в местонахождении Бабинцево Ю-В, который расположен в бассейне р. Самара, на правом берегу р. Кондузла, в 2 км юго-восточнее с. Бабинцево Оренбургской области. Здесь обнажается верхняя часть северодвинского яруса мощностью 22,5 м. Разрез насыщен ископаемой органикой: костями рыб и тетрапод, раковинами двустворчатых моллюсков и остракод, конхостраками. Есть отпечатки листовой флоры, ходы илоедов, копролиты. Д. И. Янкевичем и авторами данной статьи в обнажении обнаружены 12 костеносных слоев с ихтиолитами и фрагментами скелетов рыб. Большая часть слоев содержит позднесеверодвинский комплекс рыб: *Toyemia tverdochlebovi*, *T. sp.*, *Isadia ?suchonensis*, *Isadia ?opokiensis* A. Minich et Andrushkevich, *I. sp.*, *Geryonichthys burchardi* A. Minich, *G. sp.*, *Sludalepis ?spinosa* A. Minich, *Varialepis ?stanislavi*. И только в самом верхе обнажения, в верховьях правого отвержка, в шурфах были найдены редкие чешуи

рыб, среди которых нами определены *Toyemia ?blumentalis* A. Minich, т. е. вид, характерный для отложений вятского возраста. Возможно, вблизи этого уровня проходит граница северодвинского и вятского ярусов верхней перми. Полагаем, что упомянутый здесь позднесеверодвинский комплекс рыб отвечает ранее выделенной нами подзоне *Mutovinia stella*, уточненной ныне как *Toyemia tverdochlebovi* – *Mutovinia stella*. **Типовыми разрезами** этой подзоны следует считать местонахождение Мутовино на р. Сухона [2] с позднесеверодвинским комплексом рыб и местонахождения Бабинцево и Бабинцево Ю-В в Оренбургской области.

В бассейне р. Урал есть несколько достаточно полных, но не непрерывных разрезов северодвинских и вятских отложений, содержащих остатки ископаемой ихтиофауны. Это местонахождения в окрестностях д. Кульчумово (Новокульчумово) Оренбургской области, в оврагах, впадающих в Сакмару, вблизи с. Вязовка (местонахождения Вязовка, Вязовка-1, -2 и -3), в правобережье р. Урал, где присутствуют в основном вятские таксоны рыб. Только один слой с рыбами удалось найти в нижней, северодвинской, части разреза. Перечисленные разрезы детально описаны В. П. Твердохлебовым [23], В. А. Гаряиновым и другими саратовскими геологами из НИИ геологии СГУ. Кроме того, еще в бассейне Урала известны местонахождения с северодвинскими формами рыб: Донгуз-6 и Рычковка-2.

Из рыб в кульчумовском разрезе, в северодвинских отложениях, мощность которых здесь достигает 390 м [23], определены *Isadia suchonensis* A. Minich, *Isadia opokiensis*, *I. sp.*, *Sludalepis sp.*, и *Varialepis sp.*, составляющие позднесеверодвинский комплекс. Вблизи кровли северодвинского яруса появляются таксоны рыб, сближаемые с вятскими формами – *Isadia ex gr. aristoviensis* A. Minich, а также *Toyemia blumentalis* A. Minich. В местонахождении Вязовка единственный слой с северодвинскими рыбами содержит *Isadia ?opokiensis* и неопределимые обломки чешуи других лучеперых рыб. В местонахождениях Донгуз-6 и Рычковка-2 присутствуют северодвинские таксоны рыб *Toyemia tverdochlebovi*, *T. sp.*, *Isadia sp.*, *Strelnia sp.* и *Eurynotoidiidae* gen. ind.

Анализируя изложенное, мы приходим к выводу, что в бассейнах Волги и Урала отсутствует непрерывность в сборах ихтиофауны в разрезах, стратиграфически принадлежащих нижней половине северодвинского яруса, за исключением его самой нижней части. Несомненно, нижней половине северодвинского яруса принадлежат разрезы в окрестностях населенных пунктов Коптяжево, Рычковка и ряд других в Оренбургской области, но они плохо коррелируемы даже в одной местности. Однако комплекс рыб в нижней части северодвинского яруса в Монастырском овраге и в нижней части этого яруса



в Яшкино-2 полностью соответствует **ихтиофаунистической зоне *Toyemia tverdochlebovi* – *Isadia suchonensis***. Существующий перерыв в наблюдении, полагаем, не мешает отнести к этой же зоне разрезы северодвинского яруса, насыщенные позднесеверодвинским комплексом рыб в окрестностях населенных пунктов Бабинцево, Кульчумово и Вязовка.

В завершающем разрез верхней перми **вятском ярусе** ихтиофауна наиболее хорошо изучена в бассейне Волги во Владимирской области. Это связано как с доизучением известных местонахождений Вязники-1, -2, Жуков овраг и др., так и с открытием А. Г. Сенниковым и В. К. Голубевым новых местонахождений пермских позвоночных (включая ихтиофауну) преимущественно вятского возраста: Гороховец, Соковка, Быковка и др. [24, 25, 26]. Достаточно полно насыщен ихтиофауной опорный разрез вятского яруса перми в овраге Жуков [25], который впадает справа в р. Клязьма в 2,5 км выше г. Гороховец. В низах этого разреза обнаружены рыбы северодвинского комплекса *Isadia suchonensis* A. Minich, I. sp., *Varialepis stanislavi* A. Minich, *Toyemia* sp., *Geryonichthys* sp., *?Boreolepis* sp., *?Kichkassia* sp. и *?Sludalepis* sp.

Вышележащие отложения, принадлежащие вятскому ярусу (около 30 м), содержат семь костеносных слоев с фауной рыб вятского ихтиофаунистического комплекса: *Isadia aristoviensis* A. Minich, *Toyemia blumentalis* A. Minich, *Geryonichthys burchardi* A. Minich, *Mutovinia stella* Minich, *Isadia* sp. и *Strelnia* sp. Полагаем, что данный комплекс соответствует **подзоне *Isadia aristoviensis*** и характерен для ихтиофаунистической **зоны *Toyemia blumentalis* – *Isadia aristoviensis***.

Стратиграфически выше – в конгломератах крупной (9 м) песчаной пачки, в терминальных слоях вятского яруса – кроме вышеназванных остатков рыб присутствуют *Mutovinia sennikovi* A. Minich, *Gnathorhiza cf. otschevi* Minich, *Evenkia* sp. и *?Saurichthys* sp. Последние три рода затем широко распространились в триасовых отложениях России.

Вятский комплекс ихтиофауны присутствует и в овраге у г. Гороховец, в одноименном местонахождении. Отсюда определены *Isadia aristoviensis*, *Toyemia blumentalis*, *Geryonichthys (?) longus* A. Minich, *Mutovinia stella*, *Varialepis vitalii* A. Minich, а также зубы и челюсть с зубами хрящевого ганоида *Saurichthyidae* gen. ind. Здесь следует упомянуть о находках поздневятского комплекса рыб в местонахождении Соковка, расположенном в овраге на западной окраине г. Вязники, где, помимо традиционно вятских рыб, присутствует *Isadia arefevi* A. Minich, зубы которых найдены во время раскопок польскими палеонтологами. Находки этого вида рыб были впервые обнаружены М. П. Арефьевым в терминальных слоях перми в бассейне Северной Двины [27]. Вятский

комплекс рыб присутствует и в песчаном карьере местонахождения Быковка, расположенного вблизи местонахождения Соковка и на том же стратиграфическом уровне.

Перечисленный выше вятский комплекс рыб соответствует ихтиофаунистической **зоне *Toyemia blumentalis* – *Isadia aristoviensis***, в то время как комплекс рыб с *Mutovinia sennikovi*, *Gnathorhiza cf. otschevi*, *Evenkia* sp. и *?Saurichthys* sp., характеризующий самую верхнюю часть вятского яруса, может соответствовать уточненной **подзоне *Mutovinia sennikovi* – *Isadia arefevi* – *Gnathorhiza otschevi*** [2, 28]. **Типовыми разрезами** зоны *Toyemia blumentalis* – *Isadia aristoviensis* и подзоны *Mutovinia sennikovi* – *Isadia arefevi* – *Gnathorhiza otschevi* следует считать Жуков овраг во Владимирской области.

На р. Самара с притоками (бассейн Волги) и р. Урал с притоками (в Южном Приуралье) рыбы, принадлежащие вятскому ихтиофаунистическому комплексу, присутствуют в местонахождениях Адамовка, Ключевка, Новогородецкое, Пронькино, Вязовка-1, -2, -3, Блюменталь, Боевая Гора и в некоторых других. Комплекс ихтиофауны представлен следующими таксонами: *Isadia aristoviensis* A. Minich, *Isadia ?arefevi* A. Minich, *Toyemia blumentalis* A. Minich, *Toyemia* sp., *Varialepis vitalii* A. Minich, *Mutovinia stella* Minich, *Geryonichthys ?burchardi* A. Minich, *Boreolepis tataricus* Esin, *Strelnia* sp., *Gnathorhiza tatarica* Minich, *Gnathorhiza otschevi* Minich, *Saurichthyidae* gen. ind., *Xenosynechodus* sp. Причем на фоне повсеместно известных в вятских отложениях форм только в местонахождении Пронькино обнаружен вид *Boreolepis tataricus*, в разрезе Новогородецкое – *Gnathorhiza tatarica*, в Пронькино и Боевая Гора – *Gnathorhiza otschevi*, а виды *Isadia ?arefevi* и *?Saurichthys* sp. – в разрезе Боевая Гора. Как можно убедиться, представленный здесь комплекс рыб соответствует ихтиофаунистической **зоне *Toyemia blumentalis* – *Isadia aristoviensis***, а состав рыб из разрезов Пронькино и Боевая Гора отвечает **подзоне *Mutovinia sennikovi* – *Isadia arefevi* – *Gnathorhiza otschevi*** [28].

Базируясь на данных по известным ранее и выявленным в последние годы новым таксонам рыб, особенностях их стратиграфического и пространственного распределения в разрезах средней и верхней перми в бассейнах рек Северная Двина, Волга и Урал, предлагаем внести изменения и дополнения в представленную ранее [1, 2, 28] зональную шкалу по ихтиофауне средней и верхней перми Восточной Европы (таблица). Эта шкала является результатом многолетнего труда не только палеонтологов, но и геологов-стратиграфов России, внесших большой вклад в изучение пермских и триасовых отложений Восточно-Европейской платформы и Приуралья.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-04-01937).



Зональная шкала средней и верхней перми Восточной Европы по ихтиофауне

Общая стратиграфическая шкала (2005)				Зональные подразделения ихтиофауны							
Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Суперкомплекс	Надзона	Зона	Подзона	Состав ихтиофауны			
П Е Р М С К А Я	Т А Т А Р С К И Й	В Я Т С К И Й	ВЕРХНИЙ	Т О Й Е М И Е В Ы Й	<i>Т о у е м и а — I s a d i a</i>	<i>Т о у е м и а blumentalis</i> — <i>I s a d i a aristoviensis</i>	Mutovina sennikovi – Isadia arefievi – Gnathorhiza otschevi	Mutovina sennikovi, Isadia arefievi, Isadia aristoviensis, Gnathorhiza otschevi, Toyemia blumentalis, Boreolepis tataricus, ?Saurichthys sp., Evenkia sp., Borisocautus invictus, Hybodius sp.			
			НИЖНИЙ				Isadia aristoviensis	Toyemia blumentalis, Isadia aristoviensis, Mutovina stella, Varialepis vitalii, Strelnia sp., Gnathorhiza tatarica, Geryonichthys burchardi			
		С Е В Е Р О Д В И Н С К И Й	ВЕРХНИЙ			Т о у е м и а tverdochlebovi – <i>I s a d i a suchonensis</i>	Т о у е м и а tverdochlebovi – Mutovina stella	Toyemia tverdochlebovi, Mutovina stella, Isadia opokiensis, I. suchonensis, I. sp., Geryonichthys burchardi, G. longus, G. sp., Sludalepis spinosa, Varialepis ?stanislavi			
			НИЖНИЙ				Т о у е м и а tverdochlebovi – Strelnia certa	Toyemia tverdochlebovi, Strelnia certa, Isadia suchonensis, Kichkassia furcae, Lapkosubia ?uranensis, Suchonichthys molini, Varialepis stanislavi, Uranichthys sp., Platysomus sp., Kargalichthys ex gr. efremovi, Geryonichthys longus, Xenosynechodus sp.			
		Б И А Р М И Й С К И Й	У Р Ж У М С К И Й			ВЕРХНИЙ	П Л А Т И С О М И Д Н Ы Й	<i>Platysomus — Uranichthys</i>	<i>Kargalichthys efremovi — Uranichthys pretoriensis</i>		Kargalichthys efremovi, Uranichthys pretoriensis, Platysomus biarmicus, Varialepis bergi, V. ?stanislavi, Samarichthys luxus, Lapkosubia uranensis, L. barbalepis, Kichkassia furcae, Discordichthys spinifer, Geryonichthys sp., Mamulichthys ignotus, Strelnia sp., Xenosynechodus egloni
						НИЖНИЙ			<i>Platysomus biarmicus</i>	Platysomus biarmicus, Eurynotoides costata, Lapkosubia ?uranensis, Kichkassia furcae, K. sp., Palaeoniscum ?tschevkinii, Varialepis orientalis, Elonichthys sp., Kargalichthys sp., ?Uranichthys sp., Xenosynechodus sp.	
	К А З А Н С К И Й		ВЕРХНИЙ	<i>Kargalichthys pritokensis</i>	Kargalichthys pritokensis, Kazanichthys viatkensis, K. golyushermensis, Platysomus soloduchi, P. bashkirus, P. sp., Kasanilepis chupaevensis,, Acropholis ?stensioei, Elonichthys cf. punctatus, Palaeoniscum kasanense, Samarichthys nikolaevae, «Ctenacanthus» volgensis, «C.» kurgaensis, Pinegocaptus rosanovi, Hybodontiformes gen. ind., ?Deltoptychius sp., Janassa kochi, Menaspis sp.						
			НИЖНИЙ	<i>Koinichthys ivachnenkoi</i>	Koinichthys ivachnenkoi, Kazanichthys golyushermensis, Elonichthys contortus, Acropholis stensioei, Acropholis kamensis, Palaeoniscum kasanense, Alilepis esini, Boreolepis ?jenseni, Kargalichthys sp., Nadteyichthys sp., Platysomus sp., Pinegocaptus rosanovi, «Ctenacanthus» kurgaensis, Anodontacanthus ruthenorum						



Библиографический список

1. Миних М. Г., Миних А. В. Стратиграфическое значение позднермской ихтиофауны Восточно-Европейской стратотипической области. Ихтиокомплексы и зональная шкала // Верхнепермские стратотипы Поволжья : докл. Междунар. симп. М. : ГЕОС, 1999. С. 265–268.
2. Миних А. В., Миних М. Г. Ихтиофауна в опорных разрезах средней и верхней перми Восточной Европы. Комплексы и зональная шкала. Статья 1. Бассейн Северной Двины // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 3. С. 184–193. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-3-184-193
3. Миних А. В., Миних М. Г. Рыбы // Стратотипический разрез татарского яруса на реке Вятке / отв. ред. А. В. Гоманьков. М. : ГЕОС, 2001. С. 110–116. (Тр. ГИН РАН; вып. 532).
4. Стратотипы и опорные разрезы перми Приказанского района // Верхнепермские стратотипы Поволжья : материалы Междунар. симп. М. : ГЕОС, 1990. 105 с.
5. Type and reference sections of the Middle and Upper Permian of the Volga and Kama River Regions. A Field Guidebook of XVIII International Congress on Carboniferous and Permian / eds. D. K. Nurgaliev, V. V. Silantiev, S. V. Nikolaeva. Kazan : Kazan University Press, 2015. 208 p.
6. Солодухо М. Г. Находки представителей сем. Platyosomidae в верхнеказанских отложениях окрестностей д. Печищи (Тат. АССР) // Ученые записки Казанского университета. 1951. Т. 3, кн. 1. С. 157–159.
7. Миних А. В., Миних М. Г. Рыбы // Стратотипы и опорные разрезы верхней перми Поволжья и Прикамья / под ред. Н. К. Есауловой и В. Р. Лозовского. Казань : Экоцентр, 1996. С. 258–269.
8. Миних А. В., Попов Е. В. О находках остатков цельноголовых рыб (Нолосерхали) в казанских отложениях (средняя пермь) бассейна р. Пинеги, север европейской части России // Позвоночные палеозоя и мезозоя Евразии: эволюция, смена сообществ, тафономия и палеобиогеография : материалы конф., посвященной 80-летию со дня рождения В. Г. Очева. М. : ПИН РАН, 2011. С. 27–28.
9. Есин Д. Н., Машин В. Л. Ихтиолиты // Стратотипы и опорные разрезы верхней перми Поволжья и Прикамья. Казань : Экоцентр, 1996. С. 270–291.
10. Янкевич Д. И., Миних М. Г. Характерные комплексы основных групп ископаемых организмов и история их развития на рубеже ранней и поздней перми. Ихтиофауна // Биота Востока Европейской России на рубеже ранней и поздней перми : материалы к Междунар. симп. «Верхнепермские стратотипы Поволжья» / под ред. Т. А. Грунт, Н. К. Есауловой и Г. П. Канева. М. : ГЕОС, 1998. С. 220–230.
11. Миних А. В., Миних М. Г. Ихтиофауна // Верхняя пермь полуострова Канин / под ред. Т. А. Грунт. М. : Наука, 2006. С. 48–59.
12. Миних М. Г. Новые высокотелые рыбы из верхнепермских отложений Восточно-Европейской платформы // Вопросы палеонтологии : межвуз. науч. сб. СПб. : Издательство Санкт-Петербургского университета, 1992. Т. X. С. 137–146.
13. Миних М. Г., Миних А. В., Андрушкевич С. О. Современное состояние изученности средне- и позднермской ихтиофауны Восточной Европы в стратиграфическом аспекте // Недра Поволжья и Прикамья. 2019. Вып. 98. С. 3–7.
14. Гусев А. К. Опорный разрез татарского яруса у с. Монастырское // Стратотипы и опорные разрезы верхней перми Поволжья и Прикамья / под ред. Н. К. Есауловой и В. Р. Лозовского. Казань : Экоцентр, 1996. С. 123–140.
15. Силантьев В. В., Есин Д. Н. Опорный разрез татарского яруса в Монастырском овраге (Приказанское Поволжье) // Вестник Московского университета. Сер. 4, Геология. 1993. № 4. С. 38–48.
16. Миних М. Г., Миних А. В., Молостовская И. И., Андрушкевич С. О. К вопросу о точке стратиграфической границы северодвинского яруса // Недра Поволжья и Прикамья. 2009. Вып. 58. С. 31–38.
17. Миних М. Г., Миних А. В. Корреляция казанских и татарских отложений в бассейнах Северной Двины, Средней Волги и Урала по ихтиофауне // Ученые записки геологического факультета Саратовского университета. Нов. сер. 1997. Вып. 1. С. 60–66.
18. Миних М. Г., Миних А. В. Ревизия некоторых палеонисков и новые рыбы из верхней перми Восточно-Европейской платформы и возможности использования их в стратиграфии // Вопросы геологии Южного Урала и Нижнего Поволжья : сб. науч. тр. / под ред. О. И. Алёшечкина. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1990. С. 84–104.
19. Tverdokhlebov V. P., Tverdokhlebova G. I., Minikh A. V., Surkov M. V., Benton M. I. Upper Permian vertebrates and their sedimentological context in the South Urals, Russia // Earth Science Reviews. 2005. Vol. 69. P. 27–77.
20. Миних А. В., Миних М. Г., Погуца Т. И., Гоманьков А. В. Тафономические исследования местонахождения Кичкас в позднермских медистых песчаниках // Материалы по методам тафономических исследований / под ред. Г. В. Кулевой и В. Г. Очева. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1992. С. 108–120.
21. Миних М. Г., Миних А. В. Новые палеоихтиологические данные в характеристике рубежа биармийского и татарского отделов перми в Бузулукской впадине Оренбургского Приуралья // Недра Поволжья и Прикамья. 2008. Вып. 54. С. 10–14.
22. Молостовская И. И., Гришанов А. Н. К вопросу о границе среднего и верхнего отделов перми по результатам микрофаунистических и палеомагнитных исследований опорного разреза у с. Яшкино (Оренбургское Приуралье) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. М. : Издательство Московского государственного геологоразведочного университета, 2008. С. 3–9.
23. Твердохлебов В. П. Бассейн р. Урал // Граница перми и триаса в континентальных сериях : материалы к Междунар. симп. «Верхнепермские стратотипы Поволжья». М. : ГЕОС, 1998. С. 37–42.
24. Newell A. J., Sennikov A. G., Benton M. J., Molostovskaya I. I., Golubev V. K., Minikh A. V., Minikh M. G. Disruption of playa-lacustrine depositional systems at the Permo-Triassic boundary: evidence from Vyazniki and Gorokhovets on the Russian Platform. // J. Geological Society. 2010. Vol. 167. P. 695–716.



25. Голубев В. К., Миних А. В., Балабанов Ю. П., Кухтин Д. А., Сенников А. Г., Миних М. Г. Опорный разрез перми и триаса в Жуковом овраге у г. Гороховец, Владимирская область // Бюллетень РМСК. 2012. Вып. 5. С. 49–82.
26. Голубев В. К., Сенников А. Г., Миних А. В., Миних М. Г., Кухтин Д. А., Балабанов Ю. П., Силантьев В. В. Граница перми и триаса на юго-востоке Московской синеклизы // Сб. науч. тр. Всерос. науч. конф., посвященной 80-летию со дня рождения профессора Виталия Георгиевича Очева / под ред. А. В. Иванова. Саратов : Издательство Саратовского государственного технического университета, 2012. С. 144–150.
27. Миних А. В., Арефьев М. П., Голубев В. К. Новый вид рыбы рода *Isadia* (Actinopterygii, Eurynotoidiformes) из нового местонахождения на р. Малая Северная Двина (терминальная пермь, Вологодская область) // Палеонтологический журнал. 2015. № 6. С. 54–63.
28. Миних М. Г., Миних А. В. Ихтиофауна в стратиграфии перми и триаса Европейской России // Общая стратиграфическая шкала России : состояние и перспективы обустройства : сб. ст. Всерос. конф. ГИН РАН. М. : ГИН РАН, 2013. С. 228–231.

Образец для цитирования:

Миних А. В., Миних М. Г., Андрушкевич С. О. Ихтиофауна в опорных разрезах средней и верхней перми Восточной Европы. Комплексы и зональная шкала. Статья 2. Бассейн Волги и Урала // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 56–63. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-56-63>

Cite this article as:

Minikh A. V., Minikh M. G., Andrushkevich S. O. Ichthyofauna from the Key Sections of the Middle and Upper Permian of Eastern Europe. Complexes and Zonal Scale. Paper 2: Basin of the Volga and the Ural Rivers. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 56–63 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-56-63>



УДК 550.834

Повышение надежности прогнозирования нефтегазоперспективных объектов на базе технологии адаптивной поляризационной фильтрации



С. И. Михеев, Е. А. Зуб

Михеев Сергей Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, s.mixeev@gmail.com

Зуб Евгений Алексеевич, ведущий инженер департамента обработки и комплексной интерпретации сейсморазведочных данных, Акционерное общество «Нижне-Волжский научно-исследовательский институт геологии и геофизики», г. Саратов, ekukolenko@gmail.com

Одним из наиболее эффективных, но малоисследованных путей решения проблемы повышения надежности данных сейсморазведки при нефтегазопроисловых работах является применение поляризационной фильтрации. Для ее практической реализации предлагается использовать новую адаптивную технологию. Она отличается высокой технологичностью и расширенными возможностями учета особенностей поляризации волн-помех в конкретных сейсмогеологических условиях. Приводятся теоретическое и экспериментальное обоснование предложенных технико-методических приемов, примеры их практической реализации.

Ключевые слова: сейсморазведка, поляризация, технология, волны-помехи, поляризационная фильтрация, интерференционная система, приемная платформа, сейсмоприемник, эффективность, разрешенность данных, метод общей глубинной точки, обработка.

Reliability Increase in Oil and Gas Perspective Objects Forecast on the Basis of Polarizing Filtration

S. I. Mikheev, E. A. Zub

Sergey I. Mikheev, <http://orcid.org/0000-0003-4804-1242>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, s.mixeev@gmail.com

Evgenii A. Zub, <http://orcid.org/0000-0002-2117-2632>, Saratov Joint-stock company «Nijni-Voljsky Research Institute of Geology and Geophysics», 70 Moskovskaya St., Saratov 410012, Russia, ekukolenko@gmail.com

This article focuses on the problem of improving seismic data reliability of seismic data during oil and gas exploration. As one of the most effective ways to solve this problem, the authors consider the application of polarization filtering. For its practical implementation it is offered to use new adaptive technology. It is characterized by high technological effectiveness, advanced capabilities to allow peculiarities of reflectors polarization and interference waves in specific seismogeological conditions. The theoretical justification of the offered technical and methodological techniques and examples of their practical implementation are given.

Keywords: seismic exploration, polarization, technology, noise waves, polarization filtering, interferential system, receiving platform, geophone, efficiency, data resolution, CMP survey, seismic processing.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-64-71>

Поляризационная фильтрация регистрируемого поля упругих волн относится к малоисследованной технологии повышения эффективности сейсморазведочных работ. Вместе с тем она, по нашему мнению, может значительно повысить качество данных сейсморазведки за счет улучшения отношения сигнал/помеха и увеличения динамической разрешенности сейсмических данных. В настоящее время с этой целью повсеместно применяют полевые интерференционные системы (ИС) 2-го рода, осуществляющие селекцию волн по кажущейся скорости V^* . При этом в практике чаще всего используют сложные ИС, представляющие собой комбинированное группирование приемников и источников. Направленные свойства таких систем обычно оптимизируют путем проведения перед производственными полевыми работами незначительного объема опытно-методических исследований. ИС 2-го рода обеспечивают значительное повышение отношения сигнал/помеха, но имеют и определенные недостатки. В частности, проблематичным остается разделение волн с близкими кинематическими характеристиками. Действительно, осуществляемое с этой целью сужение характеристик направленности ИС зачастую приводит к частичному попаданию в область гашения не только волн-помех, но и полезных волн.

Данное утверждение относится в первую очередь к целевым отражениям, сформировавшимся на относительно неглубоко залегающих границах раздела и имеющим низкие кажущиеся скорости. Кроме того, использование интерференционных систем 2-го рода ведет к снижению разрешенности данных сейсморазведки, так как они действуют как частотный фильтр, сужая полосу пропускания со стороны высоких частот. На это обстоятельство обращают внимание многие специалисты [1–3 и др.]. Но чаще всего недостаточное разрешение волнового поля при традиционных приемах регистрации объясняется неконтролируемым фактором – потерей высокочастотных составляющих спектра сигнала в процессе распространения сейсмических волн. Поэтому основные усилия при попытке повысить разрешенность данных сейсморазведки направлены на расширение частотных спектров сигнала. С этой целью применяют нелинейные свип-сигналы, уменьшают базы группирования элементов ИС, увеличивают детальность изучения верхней части разреза и т. д. Указанные и другие методические приемы, несомненно, позволяют достигнуть лучшего качества сейсмических



данных, однако далеко не всегда обеспечивают надежное решение поставленных геологических задач. Таким образом, необходим поиск новых путей получения более разрешенных сейсмических данных с высоким отношением сигнал/помеха.

Одним из способов решения проблемы является использование интерференционных систем 1-го рода, осуществляющих селекцию волн по направлению векторов смещения частиц среды. Эти характеристики устанавливают связь между чувствительностью сейсмоприемника и направлением колебания его корпуса. Строго говоря, при рассмотрении свойств реальных ИС следует анализировать их суммарную направленность. Однако такое рассмотрение, приводящее к необходимости анализа характеристик направленности 3-го рода, требует труднореализуемого учета сложных явлений, происходящих при распространении упругих волн в верхних слоях земли. Поэтому, как уже отмечалось, в теории методов группирования обычно учитываются только характеристики 2-го рода, интерференционные же системы 1-го рода рассматриваются реже [4–7 и др.]. Они, в частности, применяются в высокоперспективной, но в относительно малораспространенной в практике геологоразведочных работ многоволновой сейсморазведке (МВС) для выделения продольных (P) и поперечных (S) волн.

Наиболее широкую известность и признание получил предложенный Е. И. Гальпериным [4] поляризационный метод (ПМ). Он позволяет изучать полный вектор смещения частиц с последующим выделением из наблюдаемого поля путем поляризационной фильтрации P и S волн. Разным аспектам изучения и использования в практике геологоразведочных работ поляризационных характеристик сейсмических волн посвящены публикации ряда известных геофизиков [4, 6–9 и др.]. По сути, в публикациях, отмеченных выше, основное внимание уделяется вопросам повышения информативности сейсморазведки за счет внутриметодного комплексирования продольных (P) и поперечных (S) волн. Сказанное относится и к скважинной, и к наземной МВС. В нашем же случае анализ поляризации сейсмических волн рассматривается не только как основа для раздельного выделения и интерпретации волн разного типа, но и как средство повышения отношения сигнал/помеха и динамической разрешенности волнового поля.

Как известно, поляризация волн характеризует пространственную направленность векторных волновых полей. Она определяется характеристиками источника и строением среды [3, 4, 5, 7, 8]:

- асимметричностью генерации волн в источнике;
- преломлением и отражением волн на границах сред;
- анизотропностью среды, в которой распространяются волны.

Детальное обсуждение любого из указанных факторов вследствие ограничения объема статьи

затруднительно. Все они в разной мере изучены и освещены в опубликованной литературе. Так, процессы образования на границах раздела сред обменных волн, относимых в общепринятых технологиях к помехам, описаны в большинстве учебников и учебных пособий по сейсморазведке. С нашей точки зрения, наиболее примечателен и интересен в научном и практическом аспектах фактор анизотропности среды. Анизотропии присущи упорядоченная структура литологически однородных зерен, системы трещин и микротрещин, периодичная слоистость пород с разными упругими свойствами, воздействие направленных напряжений [5, 8]. При падении продольных волн на границу среды с разной анизотропией образуются проходящие и отраженные обменные волны, поляризация которых зависит от соотношения пространственной ориентации элементов симметрии контактирующих сред и ориентации лучевых плоскостей, в которых распространяются волны. Если границу сред с разной азимутальной анизотропией пересекает поперечная волна, то она расщепляется на две волны с разной поляризацией и скоростью распространения.

Широко известные поверхностные волны-помехи релеевского типа обычно поляризованы эллиптически. Поскольку повсеместно регистрирующийся в сейсморазведке фон микросейсм в значительной мере определяется волнами релеевского типа, его поляризация также приближается к эллиптической.

Можно было привести и другие примеры явлений и процессов, определяющих поляризацию волн. С точки зрения практики важно подчеркнуть, что в реальных средах количество таких явлений и процессов велико, их влияние на поляризацию волн носит случайный характер и предсказать ее практически невозможно. Для рассматриваемых обычно как «полезные» продольных волн поляризация известна. Частицы среды колеблются около положения равновесия по прямолинейным траекториям. Иными словами, регистрируемые как на дневной поверхности, так и во внутренних точках среды продольные волны вне интерференции с другими волнами поляризованы линейно [4, 5].

Описание особенностей поляризации волн разного типа по данным натуральных экспериментов можно найти в работах Е. И. Гальперина, Ю. Д. Мирзояна, О. В. Куколенко и др. [4–8]. Многими авторами отмечается, что практически на всех территориях при регистрации волнового поля наблюдаются интенсивные сложнополяризованные волны-помехи. Причем часто они интерферируют с отраженными волнами, вызывая на поверхности наблюдения колебания сложной формы. При разработке описываемой в статье технологии мы исходили из того, что в общем случае поляризация продольных отраженных волн и волн-помех различается, это позволяет выделять первые и подавлять вторые путем поляризационной фильтрации.



Предложенная технология поляризационной фильтрации существенно отличается от известных в сейсморазведке технологий изучения пространственной направленности векторных волновых полей, основанных на применении трехкомпонентных установок сейсмоприемников (ЗС). При всех преимуществах последние имеют ряд недостатков. К ним отнесем необходимость удовлетворения жестких требований к установке приборов, составляющих трехкомпонентный сейсмоприемник, сложность обеспечения идентичности частотных характеристик и чувствительности вертикальных и горизонтальных приемников, значительное усложнение технологии полевых работ в целом, необходимость трехкратного по сравнению с традиционными системами наблюдений увеличения количества регистрирующих каналов, высокую сложность конструкции, а отсюда и снижение надежности прибора, трудности с группированием и др. Большинство перечисленных недостатков характерно и для современных трехкомпонентных акселерометров, изготавливаемых с использованием MEMS технологии. Некоторые затруднения в практике геологоразведочных работ вызывает также необходимость использования в них дополнительных источников питания.

Разработанная методика поляризационной фильтрации более технологична по сравнению с традиционными и предполагает использование при регистрации сейсмических колебаний простых по конструкции приемных платформ, а также специализированного программного обеспечения. Платформы содержат две компоненты (I_k , P_k), представленные группами наклоненных и разнесенных по азимуту относительно друг друга вертикальных сейсмоприемников. Такие приемные устройства по сути являются ИС 1-го рода с регулируемой за счет разных углов установки компонент направленностью. Идея их конструктивного исполнения была выдвинута О. В. Куколенко [6]. Им же опытным путем был подобран оптимальный угол наклона сейсмоприемников от вертикали ($54^\circ 40'$), обеспечивающий наиболее надежное выделение волн P -типа. По нашему мнению, предложенная О. В. Куколенко технология характеризуется существенными недостатками, это:

– жесткие требования к установке сейсмоприемников на регистрирующей платформе ($54^\circ 40'$ относительно вертикали), вызывающие проблемы при их изготовлении;

– возможность нарушения оптимальности условий установок сейсмоприемников на платформе, связанная с тем, что требования к их установке были сформулированы по результатам опытно-методических работ в конкретных сейсмогеологических условиях. Учитывая изменчивость последних и связанное с этим изменение характеристик отраженных волн и волн-помех, выбранные условия оптимальной установки сейсмоприемников могут подбираться экспериментально;

– трудности с выделением S волн, так как изначально технология разрабатывалась и оптимизировалась для регистрации только продольных волн. В принципе обеспечить высокую направленность системы для разного типа волн можно путем изменения угла наклона сейсмоприемников в процессе выполнения полевых работ. Но сделать это на практике крайне затруднительно из-за большой трудоемкости и технических сложностей оперативного внесения таких изменений в конструкцию приемных платформ.

Для преодоления указанных недостатков в разработанной нами технологии оптимизация свойств ИС для конкретных сейсмогеологических условий и конкретных геологических задач производится не на полевом, а на лабораторном этапе. Она названа технологией адаптивной поляризационной фильтрации (ТАПФ) и предусматривает использование при полевых наблюдениях сейсмоприемников, установленных на общей платформе под некоторым углом к вертикали. В реальных условиях этот угол можно выбирать, ориентируясь на результаты опытных работ О. В. Куколенко [6], в пределах от 30 до 60° . При этом жесткие требования к величине указанного угла в предложенной технологии отсутствуют, так как оптимизация направленных свойств полевой расстановки перенесена на лабораторный этап. На этом этапе полученные с описанной приемной платформы сейсмические записи преобразуются с целью оптимизации условий выделения волн разного типа. Решение данной задачи основано на применении специализированного программно-алгоритмического обеспечения POLAR. Оно позволяет задать произвольный угол между вертикалью и осью максимальной чувствительности сейсмоприемников γ , пересчитать для этого угла наблюдаемые двухкомпонентные сейсмограммы, а затем просуммировать полученные записи. Тем самым обеспечивается возможность оперативного подбора оптимальной характеристики направленности приемной расстановки для конкретного типа волн путем перебора задаваемых углов. Данная характеристика может быть также вычислена теоретическим путем. Легко показать, что для установочного угла γ и угла α , составленного вектором смещения и вертикалью, она может быть рассчитана по формуле

$$H = \frac{A_\alpha}{A_{\max}} = \frac{\cos 2\gamma + \cos 2\alpha}{2\cos^2 \gamma},$$

где A_{\max} – максимально возможная суммарная амплитуда сигнала на выходе приемной платформы; A_α – суммарная амплитуда сигнала на выходе приемной платформы, соответствующая заданному углу γ .

Оптимальный угол должен обеспечивать максимальное отношение сигнал/помеха на формируемых сейсмограммах P или S волн (в зависимости от поставленной геологической задачи).



Преобразование двухкомпонентных полевых сейсмограмм в ТАПФ осуществляется в следующей последовательности:

– первичная двухкомпонентная сейсмограмма преобразовывается в двухкомпонентную сейсмограмму с чередованием трасс для I и II компонентов;

– сигналы компонент суммируются для разных установочных углов γ . Отличительной особенностью режимов суммирования, предназначенных для выделения S волн, является обращение полярности (инвертирование) трасс одной из компонент. Оптимальный режим селекции устанавливается тестированием по критерию достижения максимального отношения сигнал/помеха на тестовых суммарных сейсмограммах.

Итогом трансформации двухкомпонентных записей описанным способом являются сейсмограммы общего пункта возбуждения продольных или поперечных волн, которые подвергаются далее обработке с использованием любых процедур, реализованных в современных сейсмических комплексах обработки.

Повышенная технологичность предложенной методики связана в первую очередь с уменьшением количества необходимых при регистрации каналов. В частных случаях, когда необходимо регистрировать волны одного типа, можно ограничиться тем же количеством каналов, что и при «обычных» работах по методике ОГТ. При этом суммирование сигналов осуществляется в самой платформе.

Эффективность ТАПФ была изучена в существенно различающихся сейсмогеологических условиях. Во всех случаях ее применение приводило к значительному повышению качества сейсмических материалов. Так, отношение сигнал/помеха на временных разрезах ОГТ возрастало до 2 и более раз, временная разрешенность увеличивалась в среднем на 20%. Особый интерес, с нашей точки зрения, представляют результаты, полученные в наиболее сложных сейсмогеологических условиях солянокупольной тектоники. В качестве примера приведем данные для Озинского участка Саратовской области в пределах внутренней части Прикаспийской впадины. Монтаж временных разрезов «стандартного» ОГТ и разреза, полученного с применением ТАПФ для профиля № 15, отработанного Саратовской геофизической экспедицией АО НВНИИГГ, приведен на рис. 1. Используемая полевая расстановка обеспечивала 60-кратное прослеживание ОГТ. Различия в технологии отработки заключались только в том, что для «стандартного» ОГТ прием осуществлялся группами вертикальных сейсмоприемников, для ТАПФ – одиночными платформами с наклонными сейсмоприемниками.

Сравнительный анализ приведенных на рис. 1 временных разрезов показывает, что наблюдаемый на разрезе «стандартного» ОГТ фон волн-помех (см. рис. 1, а), значительно осложняющий

волновую картину в интервале регистрации как надсолевых, так и подсолевых отражений, на разрезе ТАПФ (см. рис. 1, б) существенно ослаблен. В результате качество прослеживания отражающих горизонтов на временном разрезе ТАПФ значительно выросло. Выигрыш в прослеживаемости отражений особенно велик для подсолевых горизонтов (временной интервал 2). Сделанный на основе визуального анализа рис. 1 вывод об эффективности ТАПФ подтверждается количественными оценками качества волновых полей. Их графики представлены на рис. 2. Судя по рис. 2, оценка отношения сигнал/помеха (S/N) для волнового поля, полученного с применением ТАПФ, значительно выше, чем для «стандартного» ОГТ, и подтверждает вывод о наибольшем выигрыше для подсолевого интервала разреза. Оценки временной разрешенности обоих волновых полей оказались близкими по значениям. Аналогичные результаты получены на всех отработанных по технологии ТАПФ сейсмических профилях и в других сейсмогеологических условиях. Таким образом, данная технология может рассматриваться как эффективный инструмент повышения качества сейсмических материалов. Одновременно следует указать, что по результатам выполненных полевых экспериментов ТАПФ может рассматриваться не только как технология подавления помех, но и как инструмент решения задач прогнозирования геологического разреза (ПГР) и сейсмостратиграфии. Это определяется двумя основными факторами:

– с помощью ТАПФ можно значительно повысить качество сейсмических материалов, что является необходимым условием успешного решения задач ПГР;

– ТАПФ позволяет по отдельности выделять продольные и поперечные волны, определять их характеристики, в частности скорость распространения. Это дает возможность реализовывать методы внутриметодного комплексирования. Можно, например, вычислять параметр γ , относящийся к наиболее надежным показателям нефтегазонасыщенности пород. Он определяется как отношение скоростей V_s/V_p , где V_s и V_p скорости поперечных и продольных волн соответственно.

Продемонстрируем далее особенности реализации прогноза нефтегазонасыщенности разреза с применением технологии ТАПФ на примере результатов, полученных на Некрасовском газовом месторождении. В административном отношении оно расположено на территории Красноармейского района Саратовской области (Саратовское Правобережье). В тектоническом плане месторождение находится в пределах Карамышской депрессии. Залежи газа на Некрасовском месторождении вскрыты в верейско-мелекеских и тульско-бобриковских отложениях. Далее в качестве примера приведены данные по верейско-мелекескому интервалу разреза. Он представлен преимущественно терригенными отложениями,

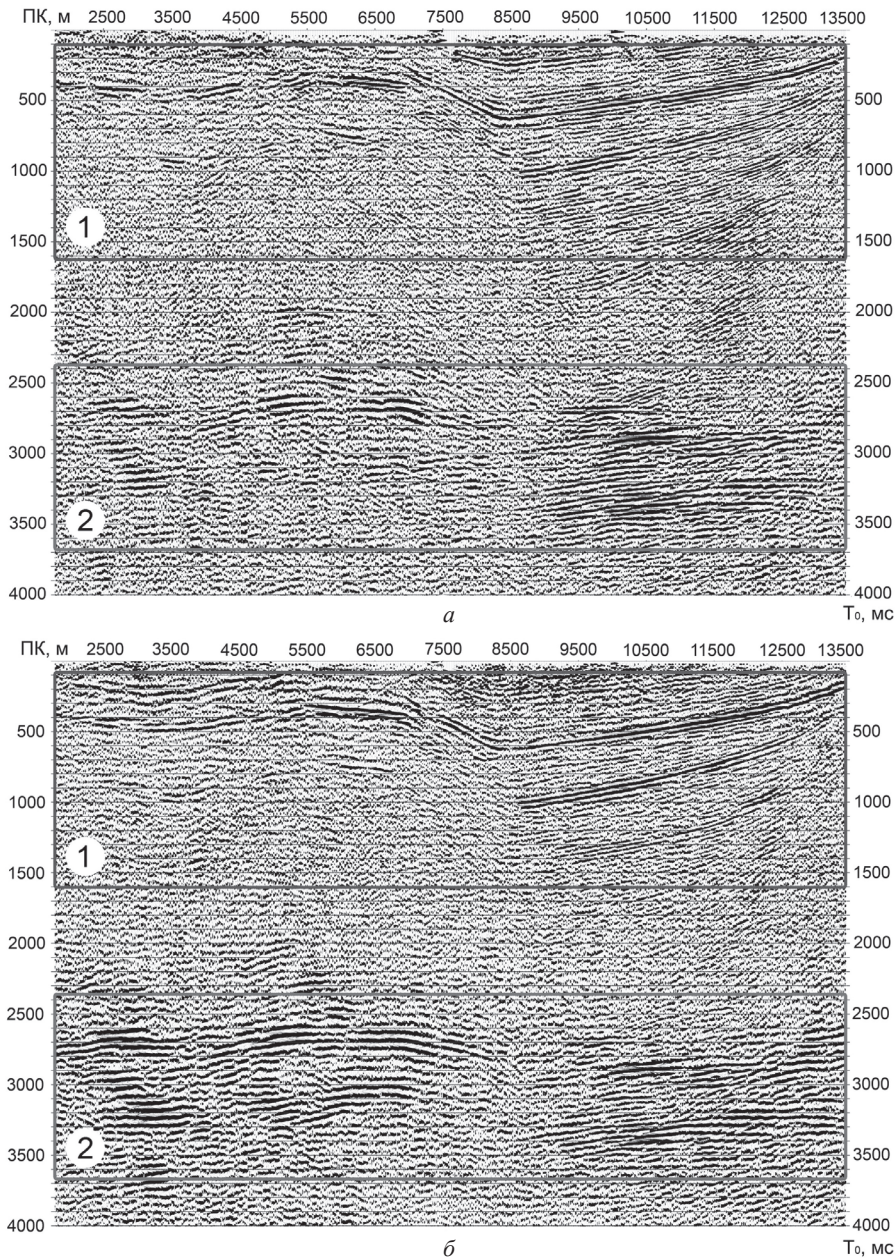


Рис. 1. Временные разрезы *PP* волн по профилю 15, Озинская площадь: *а, б* – разрезы для стандартной модификации ОГТ и АТПФ соответственно; *1, 2* – временные интервалы регистрации отраженных волн, формирующихся в надсолевом и подсолевом интервалах разреза, для которых вычислялись оценки качества сейсмического материала

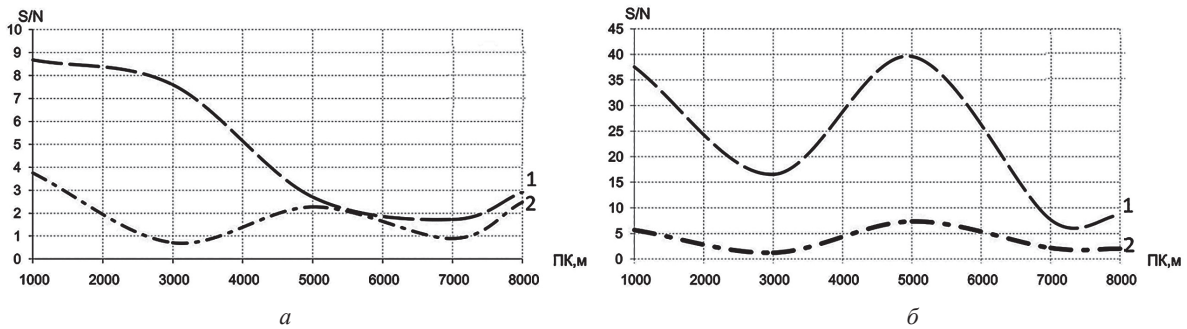


Рис. 2. Графики отношения сигнал/помеха для надсолевых (*а*) и подсолевых (*б*) отражающих горизонтов; *1, 2* – варианты для случаев применения стандартной модификации ОГТ и АТПФ соответственно



имеет мощность порядка 220 м и глубину залегания ≈ 1600 м.

Опытно-методические полевые работы были выполнены на двух пересекающихся профилях – 010714 и 020714 – силами Саратовской геофизической экспедиции АО НВНИИГГ. Применена следующая технология работ:

- асимметричная система наблюдения;
- длина приемной расстановки 4450 м, левая ветка 2050 м, правая ветка 2400;
- шаг между пунктами приема $\Delta X_{пп} = 50$ м;
- шаг между пунктами возбуждения $\Delta X_{пв} = 25$ м;
- кратность профилирования $K=90$;
- источник – группа из трех вибраторов СВ27/150 БКГ, линейно-, частотно-модулированный свип-сигнал 10–70 гц длительностью 6 с, количество накоплений 5;
- шаг дискретизации записи по времени 2 мс.

Монтаж временных разрезов ОГТ для продольных (P) и обменных (PS) волн по одному из пересекающихся указанное месторождение профилю 010714 приведен на рис. 3.

Визуальный анализ представленных на рис. 3 временных разрезов позволяет утверждать, что технология ТАПФ обеспечила высокое качество материала как для продольных, так и для обменных волн. Кровле и подошве тестируемого интервала разреза на рис. 3 соответствуют коррелированные на временных разрезах оси синфазности 4 и 5. Горизонт 4 соответствует подошве каширских отложений (nC_{2ks}), горизонт 5 – подошве верейско-мелекесской толщи ($nC_{2vr+mlk}$). Данные горизонты прослеживаются практически непрерывно по всему профилю. Некрасовская структура отчетливо видна на обоих обсуждаемых временных разрезах (CDP 340–440).

В ходе исследований для верейско-мелекесского интервала разреза было определено интервальное время пробега, а также скорости в слое для продольных и обменных волн. При определении скоростей волн разного типа и последующем вычислении параметра γ использовалась методика, описанная в работе [9]. Она основана на установленных аналитических зависимостях предельных эффективных скоростей PP , PS и SS волн, а также параметра γ . Полученные с использованием этих зависимостей результаты расчетов параметра γ для профиля 010714 представлены на рис. 4. Визуальный анализ рис. 4 показывает, что график γ , определенный по интервальным временам пробега разнотипных волн, имеет более рельефный вид по сравнению с графиком для расчета γ по скоростным характеристикам. В частности, график γ , вычисленный по интервальным временам P и S волн, характеризуется наличием четко локализованной области повышенных значений в пределах Некрасовского месторождения. Причем максимальные значения γ приурочены к сводовой части Некрасовской структуры (CDP 390 – 410). Примечательно, что на профиле 020714, пересекающем профиль 010714, для интервала, соответствующего верейско-мелекесским отложениям, выявлена аналогичная зона повышенных значений параметра γ (рис. 5). Она расположена на северном окончании профиля (CDP 620–850) и рассматривается как признак нефтегазоносности разреза.

Обобщение результатов применения ТАПФ на Озинской, Некрасовской и других площадях позволяет сделать следующие выводы:

- применение разработанной технологии дает возможность получать высококачественные

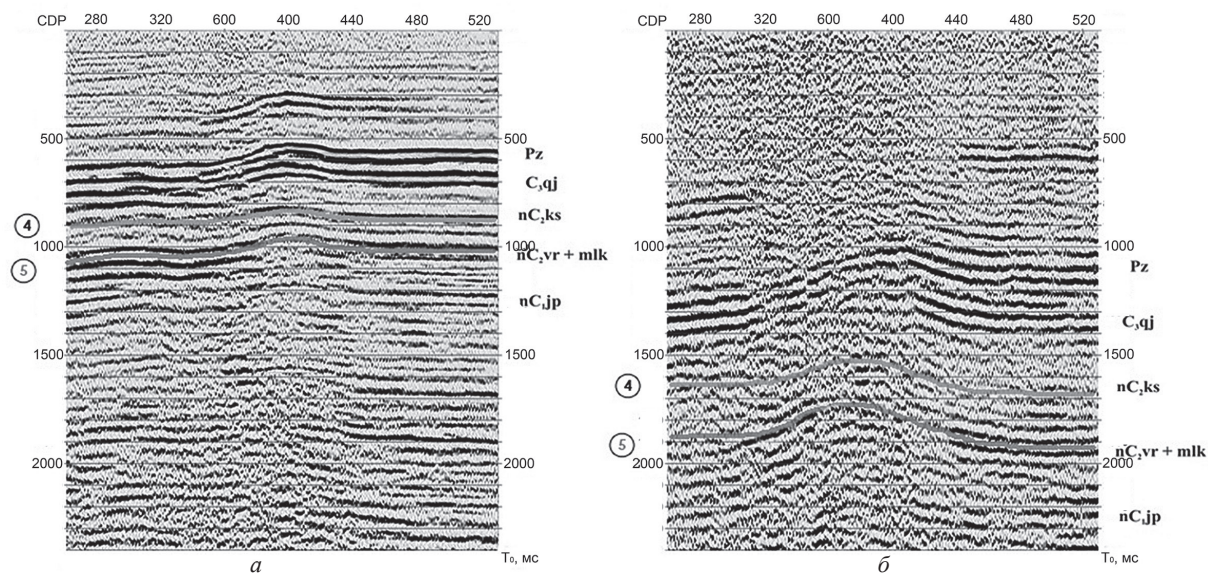


Рис. 3. Сопоставление временных разрезов продольных (a) и обменных (b) волн по профилю 010714, Некрасовское газовое месторождение; 4, 5 – сейсмические горизонты

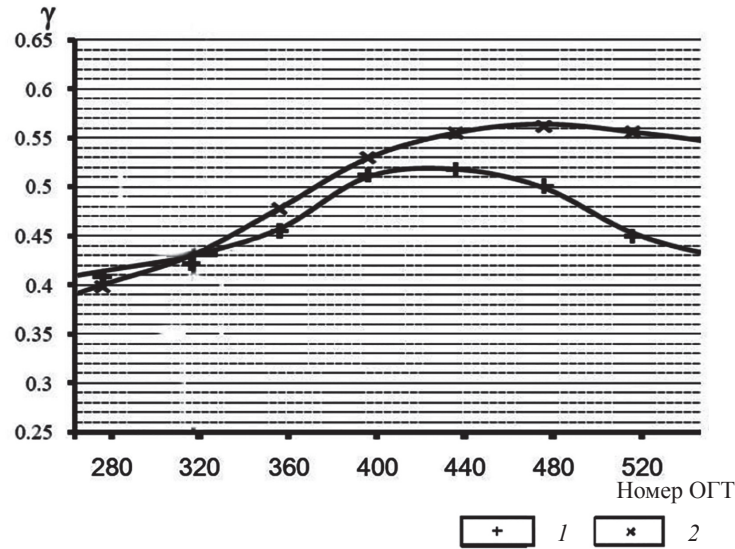


Рис. 4. Графики параметра γ , рассчитанного по интервальным временам Δt_{0ps} и Δt_{0pp} (1), а также по скоростям продольных и поперечных волн (2). Профиль 010714

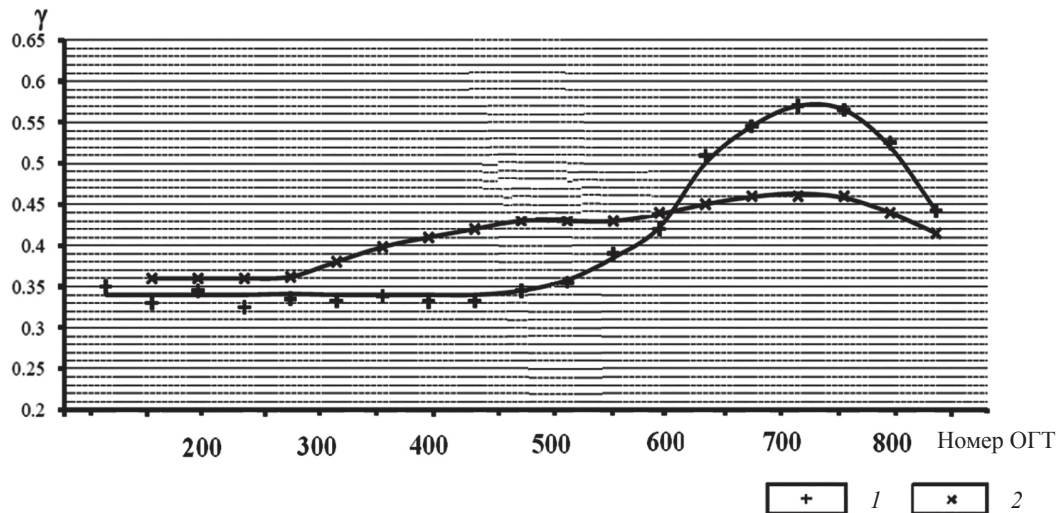


Рис. 5. Графики параметра γ , рассчитанного по интервальным временам Δt_{0ps} и Δt_{0pp} (1), а также по скоростям продольных и поперечных волн (2). Профиль 020714

временные разрезы ОГТ, а также характеристики продольных и обменных волн;

– вычисляемый по данным ТАПФ параметр γ имеет высокую информативность, может использоваться при решении задач прогнозирования нефтегазоносности разреза.

Вышеизложенные материалы, по нашему мнению, свидетельствуют о целесообразности внедрения поляризационной фильтрации, в том числе и ТАПФ, в практику сейсморазведочных работ как средства повышения эффективности поиска и разведки нефтегазовых месторождений.

Библиографический список

1. Гальперин Е. И., Мирзоян Ю. Д., Иванов Л. И. Поляризационный метод – общий метод сейсмических исследований // Нефтегазовая геология и геофизика. 1978. № 9. С. 38–43.
2. Притчет У. Получение надежных данных сейсморазведки. М.: Мир, 1999. 298 с.
3. Интерпретация данных сейсморазведки: справочник / под ред. О. А. Потапова. М.: Недра, 1990. 448 с.
4. Гальперин Е. И. Поляризационный метод сейсмических исследований. М.: Недра, 1977. 279 с.



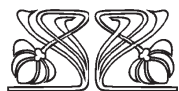
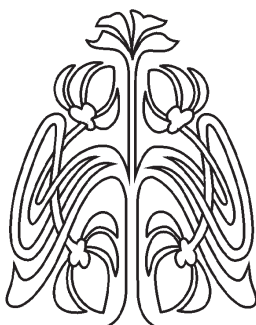
5. Михеев С. И., Постнова Е. В., Артемьев С. А., Михеев А. С. О современных тенденциях изменения эффективности и условий производства нефтегазопонсковых работ // Недра Поволжья и Прикаспия. 2007. Вып. 52. С. 41–49.
6. Куколенко О. В., Живодров В. А., Селезнев В. А., Резепова О. П. Технология работ по высоконаправленной поляризационной модификации ОГТ (ВП ОГТ) // Приборы и системы разведочной геофизики. 2003. № 2. С. 58–67.
7. Мурзоян Ю. Д., Ойфа В. Я. Векторная (поляризационная) сейсморазведка и опыт применения в различных средах // ВНИИОЭГ. Сер. Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 1996. Вып. 1. С. 12–42.
8. Пузырев Н. Н., Оболенцева Н. Р., Тригубов А. В., Горшкелев С. Б. Экспериментальные исследования анизотропии скоростей в осадочных отложениях по наблюдениям на поперечных волнах // Геология и геофизика. 1983. № 11. С. 8–19.
9. Сейсмическая разведка методом поперечных и обменных волн / Н. Н. Пузырев, А. В. Тригубов, Л. Ю. Бродов [и др.]. М. : Недра, 1985. 238 с.

Образец для цитирования:

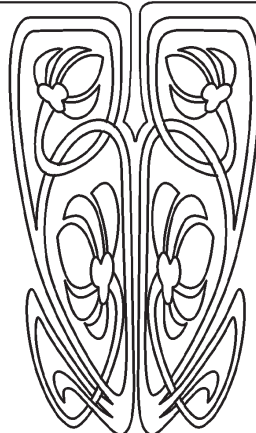
Михеев С. И., Зуб Е. А. Повышение надежности прогнозирования нефтегазоперспективных объектов на базе технологии адаптивной поляризационной фильтрации // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 64–71. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-64-71>

Cite this article as:

Mikheev S. I., Zub E. A. Reliability Increase in Oil and Gas Perspective Objects Forecast on the Basis of Polarizing Filtration. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 64–71 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-64-71>



ПОДПИСКА



Подписка на 2020 год

Индекс издания в объединенном каталоге «Пресса России» 36010, раздел 30 «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов». Журнал выходит 4 раза в год

Цена свободная

Оформить подписку онлайн можно в Интернет-каталоге «Пресса по подписке» (www.akc.ru)

Адрес издательства

Саратовского университета (редакции):

410012, Саратов, Астраханская, 83

Тел.: +7(845-2) 51-45-49, 52-26-89

Факс: +7(845-2) 27-85-29

E-mail: izvestiya@info.sgu.ru

Адрес редколлегии серии:

410012, Саратов, Астраханская, 83,

СГУ имени Н. Г. Чернышевского,

Географический факультет

Тел.: +7(845-2) 21-07-95

Факс: +7(845-2) 51-54-49

E-mail: farik26@yandex.ru

Website: <http://geo.sgu.ru/>